



Международная научная конференция

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И РАЗВИТИЕ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**г. Владивосток
19–23 сентября 2016 г.**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Дальневосточный федеральный университет

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РАЗВИТИЕ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Международная научная конференция

г. Владивосток
19–23 сентября 2016 г.

Научное электронное издание

Ответственные редакторы:
А.Т. Беккер, доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент РААСН;
В.И. Петухов, доктор технических наук, профессор

Владивосток
Дальневосточный федеральный университет
2016

© ФГАОУ ВО «ДВФУ», 2016
ISBN 978-5-7444-3855-5

УДК ^а371
ББК 74.202
С56

С56 **Современные технологии и развитие политехнического образования** [Электронный ресурс] : международная научная конференция, г. Владивосток, 19–23 сентября 2016 г. / Дальневост. федерал. ун-т ; отв. ред.: А.Т. Беккер, В.И. Петухов. – Электрон. дан. – Владивосток : Дальневост. федерал. ун-т, 2016. – Режим доступа: <https://www.dvfu.ru/science/publishing-activities/catalogue-of-books-fefu/>. – Загл. с экр.
ISBN 978-5-7444-3855-5.

УДК ^а371
ББК 74.202

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования:

Веб-браузер Internet Explorer версии 6.0 или выше, Opera версии 7.0 или выше,
Google Chrome 3.0 или выше).

Компьютер с доступом к сети Интернет.

Минимальные требования к конфигурации и операционной системе компьютера определяются требованиями перечисленных выше программных продуктов.

© ФГАОУ ВО «ДВФУ», 2016

Размещено на сайте 19.09.2019 г.

16,2 Мб

*Дальневосточный федеральный университет
690095, г. Владивосток, ул. Суханова, 8*

*E-mail: editor_dvfu@mail.ru
Тел.: (423) 226-54-43, +79146712230*

Оглавление

СЕКЦИЯ 1. УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ	48
<i>Zh. Daribaev, K. Kasenov (Ж.Е. Дарубаев, К.М. Касенов)</i>	
THE STUDY CARBON BURNING PELLETS KINETICS PRODUCED FROM INDUSTRIAL WASTE (ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВЫГОРАНИЯ УГЛЕРОДА ИЗ ГРАНУЛ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ).....	48
<i>A. Eskin, N. Tkach, M. Kim, A. Morozova, G. Zakharov (А.А. Еськин, Н.С. Ткач, М.И. Ким, А.А. Морозова, Г.А. Захаров)</i>	
THE INFLUENCE OF SPRAYING LIQUID ON THE EFFECTIVENESS OF PRESSURE FLOTATION (ВЛИЯНИЕ РАСПЫЛИВАНИЯ ЖИДКОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАПОРНОЙ ФЛОТАЦИИ)	51
<i>S. Golikov, I. Mayorov, R. Polkov (С.Ю. Голиков, И.С. Майоров, Р.А. Польков)</i>	
THE ROLE OF ENVIRONMENTAL EDUCATION IN THE CONDITIONS OF REINDUSTRIALIZATION IN THE SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST (РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РФ).....	57
<i>S. Golikov, I. Myorov, V. Urusov, L. Varchenko (С.Ю. Голиков, И.С. Майоров, В.М. Урусов, Л.И. Варченко)</i>	
INTERDISCIPLINARY PROJECTS IN THE FIELD OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT ON THE EXAMPLE OF A PROJECT TO RESTORE SUBCLIMAX POLYDOMINANT FOREST VEGETATION ON THE BANKS OF THE PETER THE GREAT BAY (SEA OF JAPAN) (МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ПРОЕКТЫ В ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ СУБКЛИМАКСОВОЙ ПОЛИДОМИНАНТНОЙ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА БЕРЕГАХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ).....	62
<i>A.B. Imetkhenov, O.A. Imetkhenov, D. Ganbat, (А.Б. Иметхенов, О.А. Иметхенов¹, Д. Ганбат²)</i>	
THE INFLUENCE OF TECHNOGENIC SANDS OF DZHIDINSKY TUNGSTEN-MOLYBDENUM COMPLEX ON THE ENVIRONMENT (REPUBLIC OF BURYATIA) (ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКОВ ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА (ДЖИДАКОМБИНАТА) НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ).....	67

S. Kasyanov, L. Safarova, D. Safarov (С.В. Касьянов, Л.Р. Сафарова, Д.Т. Сафаров)

PLANNING OF WASTE GENERATION AND RECYCLING PROCESSES IN THE PREPARATION FOR THE PRODUCTION OF AUTO PARTS
(ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОРОЖДЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА АВТОКОМПОНЕНТОВ) 73

A. Kholodov, S. Ugay, V. Drozd, K. Golokhvast (А. С. Холодов, С. М. Угай, В. А. Дрозд, К. С. Голохваст)

INFLUENCE OF CEMENT PLANT ON MICRODIMENSIONAL POLLUTION OF THE ATMOSPHERE OF SPASSK-DALNIY TOWN (PRIMORSKY REGION) (ВЛИЯНИЕ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА НА МИКРОРАЗМЕРНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ Г. СПАССК-ДАЛЬНИЙ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ) 76

O. Korshenko, A. Korshenko, E. Korshenko (О.П. Коршенко, А.И. Коршенко, Е.А. Коршенко)

MARINE LITTER – FEATURES, PROBLEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS (МОРСКОЙ МУСОР – ОСОБЕННОСТИ, ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ) 78

T. Kulagina, V. Kulagin (Т.А. Кулагина, В.А. Кулагин)

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT
(УПРАВЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ)..... 84

A. Kurina, A. Burdonov, V. Barakhtenko (А.В. Курина, А.Е. Бурдонов, В.В. Барахтенко)

NANO-SIZED OBJECTS INFLUENCE ON BASED-ON-WASTE CONSTRUCTION MATERIALS PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES (ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ)..... 90

S. Lavrinenko (С.О. Лавриненко)

THE CONCEPT OF ORGANIZATION OF SEPARATE COLLECTION OF SOLID MUNICIPAL WASTE IN THE KALININGRAD REGION
(КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ) 92

<i>A. Morozova, A. Eskin, V. Chaika (А. А. Морозова, А. А. Еськин, В.В. Чайка)</i>	
A STUDY OF THE INFLUENCE OF CENTRIFUGAL PUMP ON THE SIZE OF THE SIZE OF PARTICLES OF SECONDARY OIL-WATER EMULSION (ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА НА РАЗМЕР ЧАСТИЦ ВТОРИЧНОЙ НЕФТЕВОДЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ)	95
<i>V. Mymrin , U. Pawlowsky , K. Alekseev , A. Nagalli , A. Kurina , A. Garaschenko ³, R. Catai ¹ (В.А. Мымрин, Ю. Павловски, К.П. Алексеев, А. Нагали, А. Курина, А. Гаращенко, Р. Катаи)</i>	
INDUSTRIAL WASTE - AGGREGATES OF BUILDING MATERIALS (ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ – СЫРЬЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ).....	99
<i>V. Mymrin, U. Pawlowsky, K. Alekseev, A. Nagalli , A. Kurina , A. Garaschenko ³, R. Catai ¹ (В.А. Мымрин, Ю. Павловски, К.П. Алексеев, А. Нагали, А. Курина , А. Гаращенко , Р. Катаи)</i>	
MANUFACTURE OF CERAMIC PRODUCTS FROM THE WASTE (ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ИЗ ОТХОДОВ)	102
<i>A. Ponomareva, D. Stom, R. Kochetkova, D. Taran, M. Tolstoy (А. Л. Пономарева, Д.И. Стом, А. Ю. Кочетков, Р. П. Кочеткова, Д. О. Таран , А. Э. Ржечицкий)</i>	
INTENSIFICATION OF PURIFYING OF MODEL WASTE WATER CONTAINING OIL, WITH THE HELP OF “CATAN” CATALYSTS (ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОЧИСТКИ МОДЕЛЬНОЙ СТОЧНОЙ ВОДЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ НЕФТЬ, С ПОМОЩЬЮ КАТАЛИЗАТОРОВ ТИПА «КАТАН»)	106
<i>D. Schingnitz</i>	
SEPARATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN TREATMENT PLANTS...	110
<i>E. Shamrai, A. Taskin, S. Ivannikov, A. Yudakov, T. Ksenik (Е.И. Шамрай, А.В. Таскин, С.И. Иванников, А.А. Юдаков, Т.В. Ксеник)</i>	
THE STUDY OF PROSPECTS OF THE COMPLEX USE OF ASH AND SLAG WASTE (ON THE EXAMPLE OF ENERGY ENTERPRISES OF PRIMORYE) (ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ ПРИМОРЬЯ)	115

T. Skakova , A. Petrova, I. Shadrinova, A. Andreev

RECOVERY OF AL-LI, AL-SI, AL-MG, AL-ZN, AND AL-SN WASTE BY CHEMICAL DISPERSION TO OBTAIN NANODISPERSED ALUMINUM OXIDE POWDER (УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ AL-LI, AL-SI, AL-MG, AL-ZN И AL-SN МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ НАНОДИСПЕРСНЫХ АЛЮМООКСИДНЫХ ПОРОШКОВ)..... 120

S. Sklyarov (С. Г. Складов)

CREATION OF A COMPANY FOR A SPECIALIZED RECYCLING OF COMBINED WASTE CREATION OF A COMPANY FOR A SPECIALIZED RECYCLING OF COMBINED WASTE (СОЗДАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ УТИЛИЗАЦИИ СЛОЖНОКОМБИНИРОВАННЫХ ОТХОДОВ)..... 125

V Starostina, A. Damgaard, H. Rechberger, T. Christensen

(В. Старостина, А. Дамгаард, Х. Рехбергер, Т. Кристенсен)

ASSESSING THE IMPACT OF ALTERNATIVE SCENARIOS FOR WASTE DISPOSAL ON EMISSION OF GREENHOUSE GASES: USING STAN AND EASETECH FOR MODELING (ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СЦЕНАРИЕВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ С УМЕНЬШЕНИЕМ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ STAN И EASETECH ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ) 126

I. Starostina, A. Antipova, R. Daud (И.В. Старостина,

А.Н. Антипова, Р. Дауд)

TREATMENT OF URBAN WASTE WATER DEPOSITS IN MICROWAVE FIELD – THE PROSPECT OF SOLVING THE WASTE WATER DISPOSAL PROBLEM (ОБРАБОТКА ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД В СВЧ-ПОЛЕ – ПЕРСПЕКТИВА РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ)..... 129

S. Timofeeva, L. Khudyakova, O. Voiloshnikov (С.С. Тимофеева,

Л.И. Худякова, О.В. Войлошников)

ADVANCED TECHNOLOGY FOR UTILIZATION AND PRACTICAL USE OF HOST ROCKS AT MINING (ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ И ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД ПРИ ГОРНО-ДОБЫЧНЫХ РАБОТАХ) 134

N. Tkach, V. Golovin, P. Medved (Н.С. Ткач, В.Л. Головин, П.В.Медведь)

PURIFICATION OF WASTEWATER FROM OIL PRODUCTS IN CARTRIDGE SLOW FILTERS (ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА КАССЕТНЫХ МЕДЛЕННЫХ ФИЛЬТРАХ) 140

O. Tsybul'skaya, T. Ksenik, A. Yudakov, V. Slesarenko, A. Kisel, A. Perfiliev
(*О.Н. Цыбульская, Т.В. Ксеник, А.А. Юдаков, В.В. Слесаренко,*
А.А. Кисель, А.В. Перфильев)

THE USE OF METAL WASTE FOR NEUTRALIZATION OF CHROMIC GALVANIC WASTEWATER (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОКОВ) 143

V. Tyminsky, G. Tyminsky, N. Tolmacheva, E. Zelinskaya (*В. Тымински,*
Г. Тымински, Н.А. Толмачева, Е.В. Зелинская)

INTERNATIONAL TRAINEESHIP – INSTRUMENT OF CAPACITY BUILDING IN WASTE MANAGEMENT SPHERE (МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАЖИРОВКИ – ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ) 148

P. Fedotov, K. Fedotov, A. Burdonov, E. Zelinskaya, T. Samsonenko
(*П.К. Федотов, К.В. Федотов, А.Е. Бурдонов, Е.В. Зелинская,*
Т.Е. Самсоненко)

COLUSITE DEPOSIT ORE SAMPLES PROPERTIES RESEARCH (ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОБ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОЛОВЯННЫХ РУД)..... 151

E. Filonova, O. Gamaunova, V. Chaika, N. Khristoforova, K. Golokhvast
(*Е.А. Филонова, О.А. Гамаюнова, В.В. Чайка, Н.К. Христофорова,*
К.С. Голохваст)

THE INFLUENCE OF COAL TERMINALS ON COASTAL WATERS ON THE EXAMPLE OF VOSTOCHNIY PORT (ВОЗДЕЙСТВИЕ УГОЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ НА ПРИБРЕЖНЫЕ АКВАТОРИИ НА ПРИМЕРЕ ПОРТА ВОСТОЧНЫЙ) 155

O. Vyatchina, G. Zhdanova, A. Ponomareva, N. Shipitsin, D. Stom
(*О. Ф. Вятчина, Г. О. Жданова, А. Л. Пономарева, Н. В. Шипицин,*
Д. И. Стон)

THE APPLYING OF YEAST SACCHAROMYCES CEREVISIAE FOR RAPID ESTIMATION OF SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES' TOXICITY (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРОЖЖЕЙ SACCHAROMYCES CEREVISIAE ДЛЯ ЭКСПРЕССНОЙ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ПРИОРИТЕТНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ ОТХОДОВ И ИХ ДЕТОКСИКАЦИИ) 158

C. Wunsch (К.Вюни)

REDUCTION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS THROUGH SOURCE SEPARATION (IN GERMANY) (СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С ПОМОЩЬЮ СЕПАРАЦИИ (В ГЕРМАНИИ))... 162

E. Zelinskaya, N. Fedotova, E. Porova, N. Tolmacheva (Е.В. Зелинская, Н.В. Федотова, Е.А. Попова, Н.А. Толмачева)

PERSONNEL TRAINING LEGAL COVERAGE IN ENVIRONMENTAL SAFETY AND WASTE MANAGEMENT SPHERE (ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ) 167

V. Zigura (В. Зигура)

"FOREST" COMPANY – THE LEADING COMPANY IN THE KALININGRAD REGION FOR THE MANAGEMENT OF PACKAGING WASTE (КОМПАНИЯ «ФОРЕСТ» ВЕДУЩАЯ В РЕГИОНЕ КОМПАНИЯ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ УПАКОВКИ)..... 169

V. Zilenina, O. Ulanova, K. Dornack (В.Г. Зиленина, О.В. Уланова, К. Дорнак)

THE STUDY OF THE PROBLEM OF SPENT CHEMICAL CURRENT SOURCES IN RUSSIA AND IN THE EUROPEAN COUNTRIES (ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОТРАБОТАННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА В РОССИИ И ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ) 171

СЕКЦИЯ 2. ГЕОЛОГИЯ И ГОРНОЕ ДЕЛО..... 177

A. Andreev, A. Belov, N. Kinaev, E. Sagulenko (А.В. Андреев, А.В. Белов, Н.Н. Кинаев, Е.А. Сагуленко)

PRODUCTION AND APPLICATION OF BIO-STIMULANTS BASED ON HUMATES (ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ ГУМАТОВ) 177

A. Belov, A. Babaev, I. Vinichenko, V. Vetrov, A. Andreev (А.В. Белов, А. Ю. Бабаев, И. А. Виниченко, В.В. Ветров, А. В. Андреев)

PROSPECTS OF THE FUEL GASIFICATION TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR LOCAL ENERGY SYSTEMS IN THE FAR EAST REGION (ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГАЗИФИКАЦИИ ТОПЛИВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕГИОНЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА)..... 178

A. Belov, A. Nepomnyashiy, I. Vidomenko, P. Aleshkov, N. Svintcov
(*А. В. Белов, А. С. Непомнящий, И. А. Видоменко, П. Н. Алешков,*
Н. Ю. Свинцов)

COAL GASIFICATION TECHNOLOGY ASSESSMENT FOR USE
IN THE FIELDS OF THE FAR EAST OF RUSSIA (ОЦЕНКА
ТЕХНОЛОГИЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ
НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ) 181

O. Danilov, A. Belov, I. Grebenuyk (О.С. Данилов, А.В. Белов,
И.В. Гребенюк)

EXTRACTING RARE METALS FROM WASTE COAL WASHING USING
ELECTROMAGNETIC MICROWAVE (ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКИХ И
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТХОДОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МИКРОВОЛНОВОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ) 182

Bo Kun

CFD SIMULATION AND OPTIMAL DESIGNS OF LARGE-DIAMETER
RC DRILL BIT ON DTH HAMMER..... 187

Boxin Wang, Qing Wang

APPLICATION OF STEEL FIBRE REINFORCED SELF-STRESSING
CONCRETE IN TRANSFORMING SIMPLY SUPPORTED BRIDGES
INTO CONTINUOUS SYSTEM..... 188

Chengcai Jin, Chen Chen

THE DISPLACEMENT OF FOUNDATION PIT SUPPORTING SYSTEM
SIMULATION AND MONITORING DATA ANALYSIS 188

Chen Jianping

DELINEATION OF ORIENTATION DATA RANDOMLY DISTRIBUTED
IN ROCK MASS AND ITS FRACTAL DIMENSION..... 189

A. Dyshin, A. Tonkikh (А.В. Дышин, А.И. Тонких)

PROSPECTS OF COOPERATION BETWEEN THE RUSSIAN FEDERATION
AND THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA IN THE FIELD OF MINING OF
ENERGY RESOURCES IN THE RUSSIAN FAR EAST RUSSIA
(ПЕРСПЕКТИВЫ СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И
КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА
ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ)..... 190

E. Osipova (Е.Б. Осипова)

MODELLING OF ROCKSALT DOME BASIN FORMATION UNIFORM MECHANISM (МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕДИНОГО МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ СОЛЯНОКУПОЛЬНОГО БАСЕЙНА)..... 193

V. Makarov, L. Ksendzenko, A. Losev (В.В. Макаров, Л.С. Ксендзенко, А.С. Лосев)

STATUS ANALYSIS AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF ZONAL FRACTURE (DISINTEGRATION) OF THE ROCK MASS AROUND UNDERGROUND WORKINGS (СОСТОЯНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗОНАЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ (ДЕЗИНТЕГРАЦИИ) МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ВОКРУГ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК)..... 198

V. Makishin, A. Malikov, A. Suvorova, N. Zabrodskaya (В.Н. Макишин, А.С. Маликов, А.Э. Суворова, Н.С. Забродская)

JUSTIFICATION OF THE DESIGN OF UNDERGROUND ROAD SYSTEMS BASED ON ZONING OF URBAN AREAS (ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ РАЙОНИРОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ) 202

T. Ivanova, I. Zimbovskiy, E. Koropolina (Т.А. Иванова, И.Г. Зимбовский, Е.В. Копорулина)

USING COLOR IDENTIFICATION FLOTATION COLLECTORS OF COMPLEX COMPOUNDS WITH METALS AND MINERAL SURFACES IN SOLUTIONS (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦВЕТОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ФЛОТАЦИОННЫХ СОБИРАТЕЛЕЙ С МЕТАЛЛАМИ НА МИНЕРАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И В РАСТВОРАХ)..... 203

T. Matveeva, T. Ivanova, L. Lantsova, A. Garchich (Т.Н. Матвеева, Т.А. Иванова, Л.Б. Ланцова, А.О. Ганчич)

APPLICATION OF PLANT REAGENT FOR GOLD RECOVERY IN THE FLOTATION OF REFRACTORY GOLD ORE (ПРИМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ПРИ ФЛОТАЦИИ УПОРНОЙ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ) 205

<i>Matveeva T., Gapchich A. (Матвеева Т.Н., Ганчич А.О.)</i>	
STUDY OF ADSORPTION TMPF POLIMER ON THE SURFACE GOLDPYRITE AND ARSENOPYRITE BY UV SPECTROPHOTOMETRY (ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ ТЕРМОМОРФНОГО ПОЛИМЕРА ТМПФ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ПИРИТА И АРСЕНОПИРИТА МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ).....	206
<i>Matveeva T., Gromova N. (Матвеева Т.Н., Громова Н.К.)</i>	
ANALYSIS OF COMBINED DIETHYLCHALCOPYRITE, AND ARSENOPYRITE IN THE FLOTATION OF REFRACTORY GOLD ORES (АНАЛИЗ ПЛЕНОК КОМБИНИРОВАННОГО ДИЭТИЛДИТИОКАР- БАМАТА НА ХАЛЬКОПИРИТЕ И АРСЕНОПИРИТЕ ПРИ ФЛОТАЦИИ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД).....	207
<i>A. Golosov, V. Makarov, N. Oranasyuk (А.М. Голосов, В.В. Макаров, Н.А. Опанасюк)</i>	
ON THE MECHANISM OF REVERSIBLE DEFORMATIONS IN ROCK FORMATIONS (О МЕХАНИЗМЕ РЕВЕРСИВНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ)	209
<i>E. Gorbatova, E. Emelyanenko, M. Zaretskiy, A. Tabuyko (Е.А. Горбатова, Е.А. Емельяненко, М.В. Зарецкий, А.В. Табуйко)</i>	
MULTI-CRITERIA SELECTION OF TECHNOLOGY FOR PROCESSING OF ORE RAW MATERIALS (МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РУДНОГО СЫРЬЯ)	211
<i>Kai S, Youhong Sun, Wei Guo, Guobiao Zhang, A.V. Belov</i>	
EXPERIMENTAL STUDY OF PHASE EQUILIBRIUM OF FRACTURED CH ₄ AND CO ₂ HYDRATES	214
<i>O. Kolesatova, E. Romanko, N. Grigoryeva, A. Timoshenko (О.С. Колесатова, Е.А. Романько, Н.Ю. Григорьева, А.Е. Тимошенко)</i>	
EVALUATION OF PIT SLOPE STABILITY TAKING INTO ACCOUNT THE STRUCTURAL FEATURES OF SIDE ROCK MASS (ON THE EXAMPLE OF KAMAGANSKY PYRITES OREBODY) (ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРА С УЧЕТОМ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИБОРТОВОГО МАССИВА ПОРОД (НА ПРИМЕРЕ КАМАГАНСКОГО КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ).....	215
<i>C. Li, B.C. Liu, S.M. Ma, S.Q. Liu, Y.H. Sun</i>	
CALCULATION AND EXPERIMENTAL RESEARCH ON TENSILE STRENGTH OF ALUMINUM ALLOY DRILL PIPE	219

V. Makarov, L. Ksendzenko, A. Losev (В.В. Макаров, Л.С. Ксендзенко, А.С. Лосев)

STATUS ANALYSIS AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF ZONAL FRACTURE (DISINTEGRATION) OF THE ROCK MASS AROUND UNDERGROUND WORKINGS (СОСТОЯНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗОНАЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ (ДЕЗИНТЕГРАЦИИ) МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ВОКРУГ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК)..... 220

A. Malkov, I. Grigoryeva, I. Vinichenko, A. Malikov, I. Grebeniyk (А. А Малков, И. С. Григорьева, И. А.Виниченко, А. С. Маликов, И. В. Гребенюк)

PROSPECTS OF DIMETHYL ETHER PRODUCTION FROM RAW COAL (ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА ИЗ УГОЛЬНОГО СЫРЬЯ) 224

Shao-Ming Ma, You-Hong Sun, Teng-fei Li, Bao-Yi Chen , Bao-Chang Liu, Yin-Long Ma

EFFECTS OF ROLLING TEMPERATURE ON THE MICROSTRUCTURES AND MECHANICAL PROPERTIES OF 7075 ALUMINUM ALLOY 226

S. Mogilny, A. Sholomytskyi, E. Lagutina, E. Soboleva (С.Г. Могильный , А.А. Шоломицкий, Е.К. Лазутина , Е.Л. Соболева)

GEOTECHNICAL MONITORING OF AQUAPARK "KVARISIS" IN NOVOSIBIRSK (ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СООРУЖЕНИЙ АКВАПАРКА «КВАРСИС» Г. НОВОСИБИРСК) 227

S. Mogilny, A. Sholomytskyi, V. Seredovich, A. Seredovich (С.Г. Могильный, А.А. Шоломицкий, В.А. Середович, А.В. Середович)

KINEMATIC LOCATION MEASUREMENT OF ROTARY FURNACES (КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ЛОКАЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ПЕЧЕЙ)..... 231

Dongbin Pan, Chen Chen

SCHEME DESIGN ON HIGH PRESSURE JET CUTTING AND PIPE CONVEYING MINING OF MARINE GAS HYDRATE..... 236

K. Razmakhnin (К.К. Размахнин)

GEOECOLOGICAL ASPECTS OF PROCESSING OF ZEOLITE CONTAINING ROCK (ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД) 237

*E. Shamrai , A. Taskin , S. Ivannikov , A. Yudakov, O. Tsybul'skaya (Е.И. Шамрай ,
А.В. Таскин , С.И. Иванников, А.А. Юдаков , О.Н. Цыбульская)*

HYDROMETALLURGICAL PROCESSING SLUDGE AND SILT
OF TECHNOGENIC DEPOSITS OF THE FAR EAST REGION
(ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ШЛАМОВ
И ИЛОВ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА)..... 242

Shuyuan Liu, Chen Chen

DEVELOPMENT OF INTERIOR WALL
PAINT WITH AIR PURIFICATION..... 247

M. Silivanova (М. В. Силиванова)

PROSPECTS FOR THE USE OF MICRO-HYDROPOWER PLANTS IN THE
MINING INDUSTRY OF THE FAR EAST (ПЕРСПЕКТИВЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРО-ГЭС В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА) 248

*Yu. Subbotin, P. Avdeev, Yu. Oveshnikov (Ю.В. Субботин, П.Б. Авдеев,
Ю.М. Оवेशников)*

WAYS TO INCREASE THE USE OF SOLAR POWER IN THE PROCESSES
OF FROZEN ROCK PREPARATION FOR EXCAVATION (ПУТИ
ПОВЫШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В
ПРОЦЕССАХ ПОДГОТОВКИ МЕРЗЛЫХ ПОРОД К ВЫЕМКЕ) 248

Shuyuan Liu, Chen Chen

DEVELOPMENT OF INTERIOR WALL PAINT WITH AIR
PURIFICATION..... 253

Yang L., Chen C., Gao S, Chen Y., Li X.T., Pan D.B.

SIMULATION STUDY OF NATURAL GAS HYDRATE DISSOCIATION
BY FRACTURING AND DEPRESSURIZATION 254

D.J.Zhao,S.L.Zhang,M.Y.Wang,Y.Zhou,X.J.Sun, Z.H.Sun,S.Y.Yin,G.B.Zai

STUDY ON THE MECHANISM OF BROKEN ROCK
WITH ULTRASONIC VIBRATION..... 255

*Yanjun Zhang , Liangliang Guo , Jianing Zhang , Ziwang Yu , Xianpeng Jin ,
Tianfu Xu*

EVALUATION OF WATER-HEAT PRODUCTION IN AN EGS PILOT IN
NORTHEASTERN CHINA..... 256

Wen Zhang, Jianping Chen, Peihua Xu

DETERMINING THE CRITICAL SLIP SURFACE OF A FRACTURED
ROCK SLOPE CONSIDERING THE PRE-EXISTING FRACTURES AND
STATISTICAL PRINCIPLE 258

Ying Zhu, Chen Chen

THE VOLUME FRACTURING DESIGN OF STRATICULATE OIL
SHALE DEPOSIT 258

I.V. Kemkin, R.A. Kemkina

STRUCTURE AND COMPOSITION OF THE SIKHOTE-ALIN
ACCRETIONARY PRISMS AND MESOZOIC GEOLOGICAL HISTORY
OF THE EASTERN ASIA 259

*N. Shkabarnya , A. Agoshkov , G. Shkabarnya (Н.Г. Шкабарня ,
А.И. Агошков, Г.Н. Шкабарня)*

LANDSLIDE PROCESSES IN THE PRIMORSKY TERRITORY AND
METHODS OF THEIR STUDY (ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА
ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ И МЕТОДИКА ИХ ИЗУЧЕНИЯ) . 265

G. Shkabarnya , N. Nagornova , P. Gorelov , O. Ridya

JUSTIFICATION OF THE METHOD FOR STUDYING THE ELECTRICAL
SENSING TECTONIC DISTURBANCES ON THE ROUTE OF THE OIL
PIPELINE "EASTERN SIBERIA – PACIFIC OCEAN" (ОБОСНОВАНИЕ
ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ
ИЗУЧЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ТРАССЕ
НЕФТЕПРОВОДА «ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ – ТИХИЙ ОКЕАН») 271

I. Solyanik, A. Zinkov (И.В. Соляник, А.В. Зиньков)

INFLUENCE OF LANDFILL IN VLADIVOSTOK ON THE FORMATION
OF THE ENVIRONMENTAL RISK OF CONTAMINATION OF NEARBY
RIVERS (ВЛИЯНИЕ ПОЛИГОНА ТБО Г. ВЛАДИВОСТОКА НА
ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ
БЛИЗЛЕЖАЩИХ РЕК)..... 276

*V. Zarovnyayev, N. Egorov, G. Kovrov (Б.Н. Заровняев, Н.Е. Егоров,
Г.С. Ковров)*

THE RELATIONSHIP BETWEEN UNIVERSITY, BUSINESS AND
GOVERNMENT IN TRAINING FOR MINING AND GEOLOGICAL
ENTERPRISES OF THE REGION (ВЗАИМООТНОШЕНИЯ
УНИВЕРСИТЕТА, БИЗНЕСА И ВЛАСТИ В ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ
ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ
ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА) 281

**СЕКЦИЯ 4. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ..... 285**

A.I. Artyunin , A.V. Eliseyev , S.V. Eliseyev, N.P. Sigatchev

(А.И. Артюнин, А.В. Елисеев, С.В. Елисеев, Н.П. Сизгачев)

FEATURES OF INERTIAL EXCITATION OF VIBRATION
TECHNOLOGICAL MACHINES (ОСОБЕННОСТИ ИНЕРЦИОННОГО
ВОЗБУЖДЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН) . 285

T.A. Batuyev., A.D. Greshilov, Y.L. Shurigin

(Ц. А. Батуев , А. Д. Грешилов , Ю. Л. Шурыгин)

DEVELOPMENT OF SHEET-METAL STAMPING TECHNOLOGY FOR
TITANIUM ALLOYS USING RADIATION HEATING
(РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ ТИТАНОВЫХ
СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИАЦИОННОГО НАГРЕВА)..... 286

K.V. Nadaraia, D.V. Mashtalyar, S.V. Gnedenkov, S.L. Sinebryukhov ,

A.N. Minaev (К.В. Надараиа , Д.В. Машталяр, С.В. Гнеденков ,

С.Л. Синебрюхов , А.Н. Минаев)

FORMATION OF THE PROTECTIVE COMPOSITE COATINGS
ON A MAGNESIUM ALLOY USING AN AQUEOUS SUSPENSION
OF SUPERDISPERSED POLYTETRAFLUOROETHYLENE
(ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА
МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ
УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА) 288

A.A. Okhlopko, T.S. Struchkova, A.P. Vasilyev, A.G. Alexeev

(А.А. Охлопкова, Т.С. Стручкова, А.П. Васильев, А.Г. Алексеев)

SELECTION OF THE OPTIMAL CONTENT OF CARBON FIBER AT
POLYTETRAFLUOROETHYLENE MODIFICATION
(ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА
ПРИ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА) 289

S.A. Pronin, A.A. Garatshenko (С.А. Пронин, А.А. Гаращенко)

EQUIPMENT WORKING FEATURES IN MINERAL-FILLED
CONSTRUCTION MATERIALS MANUFACTURING
(ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
МИНЕРАЛЬНО-НАПОЛНЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ) .. 289

T.V. Semenistaya, A.A. Voronova, A.V. Ivanenko

(Т.В. Семенистая, А.А. Воронова, А.В. Иваненко)

METAL-CONTAINING POLYACRYLONITRILE THIN FILMS
AS SENSING LAYER IN SEMICONDUCTOR SENSORS

(МЕТАЛЛ-СОДЕРЖАЩИЕ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛОВЫЕ ТОНКИЕ
ПЛЕНКИ В КАЧЕСТВЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО СЛОЯ В
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СЕНСОРАХ) 290

*I.A. Shabalin, P.S. Gordiyenko, V.A. Dostovalov, S.B. Bulanova, S.B. Yarusova,
S.N. Somova, A.P. Suponina (И.А. Шабалин, П.С. Гордиенко,
В.А. Достовалов, С.Б. Буланова, С.Б. Ярусова, С.Н. Сомова,
А.П. Супонина)*

SORPTION PROPERTIES OF SYNTHETIC SILICATES (СОРБЦИОННЫЕ
СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ СИЛИКАТОВ) 290

E.E. Shaliy, L.V. Kim, S.N. Leonovitch, A.V. Stepanova

(Е.Е. Шалый, Л.В. Ким, С.Н. Леонович, А.В. Степанова)

A PROBABILITY MODEL FOR CALCULATING OF THE DEPTH AND
SPREAD OF CHLORIDES IN CONCRETE OF HYDRAULIC STRUCTURES
AT SAKHALIN ISLAND (ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА
ГЛУБИНЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ХЛОРИДОВ В БЕТОНЕ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ О. САХАЛИН)..... 291

*S.A. Tshegoleva, P.L. Titov, M.A. Khorin (С.А. Щеголева, П.Л. Титов,
М.А. Хорин)*

ENTROPY ASSESSMENT OF ORDER-DISORDER OF CRYSTALLINE
AND QUASICRYSTALLINE STRUCTURES IN TREE LEVEL DIAGRAM
REPRESENTATION (ЭНТРОПИЙНАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОРЯДКА-
БЕСПОРЯДКА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ И КВАЗИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
СТРУКТУР В ДРЕВЕЧНО-ГРАФОВОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ)..... 292

*F.G. Unger, L.V. Tsiro, F.F. Sannikov, A.F. Unger, M.F. Unger, A.V. Gumbin
(Ф.Г. Унгер, Л.В. Цыро, Ф.Ф. Санников, А.Ф. Унгер, М.Ф. Унгер,
А.В. Гумбин)*

STATIC MODEL OF MOLECULAR STRUCTURE

(СТАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛ) 293

S.V. Vavrenyuk, V.A. Avramenko, V.Yu. Mayorov, V.G. Vavrenyuk
(*С.В. Вавренюк, В.А. Авраменко, В.Ю. Майоров, В.Г. Вавренюк*)

SOLID-PHASE MODIFICATION OF CEMENT SYSTEM BY
ORGANOSILICON POLYMERS (ТВЕРДОФАЗНАЯ МОДИФИКАЦИЯ
ЦЕМЕНТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ
ПОЛИМЕРОВ)..... 293

A.M. Yegorin, E.A. Tokar, Y.A. Azarova, A.S. Portnyagin, I.G. Taganayev,
V.A. Avramenko (А.М. Егорин, Э.А. Токар, Ю.А. Азарова, А.С. Портнягин,
И.Г. Тананаев, В.А. Авраменко)

MNO₂ BASED SORPTION MATERIAL FOR SELECTIVE EXTRACTION
OF SODIUM (СОРБЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ MNO₂
ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ НАТРИЯ)..... 294

СЕКЦИЯ 5. ЭНЕРГЕТИКА..... 295

A. Brusnitsyn, B. Zhuravlev, L. Osika (А.Н. Брусницын, В.С. Журавлев,
Л.К. Осика)

THE PROBLEMS CONSIDERING THE PECULIARITIES OF COAL-FIRED
PLANTS IN THE PLANNING OF THE DEVELOPMENT OF UES IN
RUSSIA (О ПРОБЛЕМАХ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ УГОЛЬНЫХ ТЭС
ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЕЭС РОССИИ)..... 295

A. F. Burkov (А.Ф. Бурков)

THE ORIGINS OF THE DEVELOPMENT OF ELECTRICAL
ENGINEERING (ИСТОКИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ)..... 297

N.I. Voropai, D.N. Efimov, D.A. Panasetsky (Н.И. Воронай, Д.Н. Ефимов,
Д.А. Панасецкий)

TODAY'S REQUIREMENTS TO LOAD SHEDDING SCHEMES
AGAINST CASCADING OUTAGES IN ELECTRIC POWER SYSTEMS
(СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗАГРУЗОЧНЫМ СХЕМАМ
ПРЕПЯТСТВУЮЩИМ КАСКАДНЫМ СБОЯМ
В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ) 302

M. Garifullin, V. Kozlov, A. Gerasimenko (М.Ш.Гарифуллин, В.К. Козлов,
А.В. Герасименко)

INFLUENCE OF PRODUCTION TECHNOLOGY AND PETROLEUM
FEEDSTOCK SOURCE ON OPTICAL CHARACTERISTICS OF
TRANSFORMER OILS (ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
И ИСХОДНОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ) 307

<i>V.A. Gerasimov, A.Y. Filozhenko, M.V. Kraskovsky, G.E. Kuvshinov</i> (<i>В.А. Герасимов, А.Ю. Филоженко, М.В. Красковский, Г.Е. Кувишинов</i>)	
UNLOADING TRANSISTORS OF AUTONOMOUS VOLTAGE INVERTER (РАЗГРУЗКА ТРАНЗИСТОРОВ АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ)	311
<i>V. Didov, V. Sergeev, M. Khalchenko</i> (<i>В.В. Дидов,</i> <i>В.Д. Сергеев, М.А. Халченко</i>)	
VENTILATION AND HEATING OF THE SYNCHRONOUS MAGNETOELECTRIC GENERATOR (ВЕНТИЛЯЦИЯ И НАГРЕВ СИНХРОННОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА)	315
<i>T. Zhashkova, M. Mikheev, V. Roganov, A. Gerasimenko, E. Kozhoshko,</i> <i>O. Yasarebskaya</i> (<i>Т.В. Жашкова, М.Ю. Михеев, В.Р. Роганов,</i> <i>А.В. Герасименко, Е.В. Кожушко, О.Н. Ясаревская</i>)	
NEURAL NETWORK IDENTIFICATION OF POWER QUALITY DATA OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS (НЕЙРОСЕТЕВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ).....	319
<i>G. Zhdanova, E. Konovalova, L. Evtushenko, M. Krasavtseva, N. Vorokhоеv,</i> <i>M. Tolstoy, A. Kashevskiy, D. Stom</i> (<i>Г.О. Жданова, Е. Ю. Коновалова,</i> <i>Л. И. Евтушенко, М. С. Красавцева, Н. Д. Борохоев, М. Ю. Толстой ,</i> <i>А. В. Кашиевский, Д. И. Стот</i>)	
NEW ELECTRODES FOR MFE AND COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTROGENIC ACTIVITY OF COMPLEX MICROBIAL AGENTS (НОВЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ МТЭ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОГЕННОЙ АКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ)	322
<i>A. Zhukov, D. Sidorov, V. Kurbatskiy, N. Tomin, D. Panasetsriy</i> (<i>А.В. Жуков, Д.Н. Сидоров, В.Г. Курбацкий, Н.В. Томин, Д.А. Панасецкий</i>)	
THE METHOD OF IDENTIFYING CONDITION OF THE ELECTRICITY NETWORK BASED ON STREAM MODIFICATION OF RANDOM FOREST ALGORITHM (МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ПОТОКОВОЙ МОДИФИКАЦИИ АЛГОРИТМА СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА)	326

E. Zykina, A. Sidorov, O. Khanzhina (Е.В. Зыкина, А.И. Сидоров, О.А. Ханжина)

RESEARCH OF INFLUENCE OF NOISE LOAD ON THE AMOUNT OF THE THRESHOLD MEASURABLE CURRENT (ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШУМОВОЙ НАГРУЗКИ НА ВЕЛИЧИНУ ПОРОГОВОГО ОЩУТИМОГО ТОКА)..... 330

F. Ismagilov, V. Vavilov, R. Karimov, A. Yakupov (Ф.Р. Исмагилов, В.Е. Вавилов, Р.Д. Каримов, А.М. Якупов)

THE MAGNETIC SYSTEM OF THE ROTOR OF ELECTROMECHANICAL ENERGY CONVERTERS WITH POSSIBILITY OF INSTALLATION ON THE SHAFT OF AIRCRAFT ENGINE HIGH PRESSURE COMPRESSOR (МАГНИТНАЯ СИСТЕМА РОТОРА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ УСТАНОВКИ НА ВАЛУ КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ) 334

N. Kinsht, N. Petrunko (1,2 Н.В. Киншт, 2 Н.Н. Петрунько)

GROUPING OF PARTIAL DISCHARGES IN ELECTRICAL ISOLATION (О ГРУППИРОВКЕ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ) 337

N. Kiryanova, A. Grobovoy, D. Kataev (Н. Кирьянова, А. Гробовой, Д. Катаев)

THE INVESTIGATION OF A NEW ASSESSMENT INDICATOR OF APPROXIMATION TO THE LIMIT OF STABILITY OF THE POWER SYSTEM (ОБ ИССЛЕДОВАНИИ НОВОГО ИНДИКАТОРА ОЦЕНКИ ПРИБЛИЖЕНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ К ПРЕДЕЛУ УСТОЙЧИВОСТИ) . 338

V. Kurbatskiy, N. Tomlin (В.Г. Курбацкий, Н.В. Томин)

MACHINE TEACHING TECHNOLOGIES IN THE TASK OF MONITORING AND EVALUATION OF REGIME RELIABILITY OF ELECTRIC POWER SYSTEMS (ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ РЕЖИМНОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ) 343

G. Lyu, V. Chayka, A. Muchkin (Г.П. Лю, В.С. Чайка, А.Ю. Мучкин)

PROTECTION AGAINST GROUND FAULTS IN THE INTELLIGENT NETWORKS OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISES (ЗАЩИТА ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ)..... 348

M. Mikheev, A. Andreev, M. Andreev, O. Yasarevskaya, A. Gerasimenko
(*М.Ю. Михеев, А.Б. Андреев, М.А. Андреев, О.Н. Ясаревская,*
А.В. Герасименко)

INTEGRATED-FINITE-TRANSFORMATION OF INFORMATION
MONITORING SYSTEMS OF TECHNICALLY COMPLEX FACILITIES
IN THE ENERGY SECTOR (ИНТЕГРАЛЬНО-КОНЕЧНОРАЗНОСТНОЕ
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА
ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ) 351

M. Mikheev, E. Mesheryakova, V. Roganov, A. Gerasimenko, D. Turkin,
O. Yasarevskaya (*М.Ю. Михеев, Е.Н. Мецерьякова, В.Р. Роганов,*
А.В. Герасименко, Д.Г. Туркин, О.Н. Ясаревская)

THE METHOD OF ORGANIZATION OF DATA SUPPORT
OF MONITORING SYSTEM AND CONTROL OF FAULTS
IN ELECTRICAL EQUIPMENT AND POWER QUALITY IN THE
TECHNICAL INDUSTRIAL FUNCTION COMPLEX (МЕТОД
ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И КАЧЕСТВА
ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ) 356

S. Pavlenko, N. Ignatev, N. Silin (*С.В. Павленко, Н.И. Игнатъев,*
Н.В. Силин)

EXPERIENCE OF APPLICATION OF ELECTROMAGNETIC CONTROL
FOR TECHNICAL DIAGNOSTICS OF ELECTRIC POWER EQUIPMENT
LLC "TRANSNEFTELEKTROSETSERVIS" ("TES", LLC) (ОПЫТ
ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ
ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ООО
«ТРАНСНЕФТЬЭЛЕКТРОСЕТЬСЕРВИС» (ООО «ТЭС»))..... 360

D. Panasetskiy, N. Tomin, V. Kurbatskiy, D. Sidorov, A. Osak
(*Д.А. Панасецкий, Н.В. Томин, В.Г. Курбацкий, Д.Н. Сидоров, А.В. Осак*)

MULTIAGENT ALGORITHM OF PREVENTIVE EMERGENCY
MANAGEMENT TO PREVENT VOLTAGE COLLAPSE IN POWER
SYSTEMS (МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ ПРЕВЕНТИВНОГО
ПРОТИВОАВАРИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ
ЛАВИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ) 362

A. Ponomareva, E. Simonenko, N. Simonenko, V. Sevastyanov, O. Shilova, I. Kruchinina (А.А. Пономарева, Е.П. Симоненко, Н.П. Симоненко, В.Г. Севастьянов, О.А. Шилова, И.Ю.Кручинина)

EVALUATION OF MORPHOLOGICAL FRACTAL DIMENSION ON THE SEM IMAGES OF THE POWDERS SOFC CATHODE MATERIALS (ОЦЕНКА МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ПО СЭМ-ИЗОБРАЖЕНИЯМ ПОРОШКОВ КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТОТЭ) 367

A.A. Radionov, V.R. Gasiyarov, A.S. Maklakov, E.A. Maklakova, A.D. Chernyshev, S.S. Voronin (А.А. Радионов, В.Р. Гасияров, А.С. Маклаков, Е.А. Маклакова, А.Д. Чернышев, С.С. Воронин)

ENERGY EFFICIENCY CONTROL METHOD OF RECTIFIERS FOR WIND-DRIVEN ELECTRIC PLANT (ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ 3L-AFE ВЫПРЯМИТЕЛЯМИ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОАГРЕГАТА) 372

N. Silin, F. Rakhimov (Н.В. Силин, Ф.М. Рахимов)

ON THE ISSUE OF CREATING A VIRTUAL POWER PLANT TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF DISTRIBUTED ENERGY SOURCES (К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ)..... 378

N. Silin, V. Kislyukov, N. Khasanzoda, E. Manakov, F. Rakhimov (Н.В. Силин, В.А. Кислюков, Н. Хасанзода, Е.П. Манаков, Ф.М.Рахимов)

ON THE ISSUE OF INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN SMART GRID POWER SUPPLY SYSTEM OF THE ISLAND RUSSIAN (К ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ SMART GRID В СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОСТРОВА РУССКИЙ) 382

N.V. Silin, N.I. Ignatev (Н.В. Силин, Н.И. Игнатьев)

ADVANCES IN INTERPRETATION OF ELECTROMAGNETIC CONTROL RESULTS FROM HIGH-VOLTAGE POWER EQUIPMENT 387

A. Taskin, E. Konchakov, A. Gerasimenko, F. Rakhimov, N. Silin, N. Khasanzoda (А.В. Таскин, Е.И. Кончаков, А.В. Герасименко, Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин, Н. Хасанзода)

THE CREATION OF LOCAL ENERGY SYSTEMS BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES (К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ) 391

<i>D. Turkin, (Д.Г. Туркин)</i>	
ON THE QUESTION OF THE CHOICE OF TECHNICAL MARKERS FOR TECHNICAL INSULATION CONDITION ASSESSMENT (К ВОПРОСУ ВЫБОРА ТЕХНОМАРКЕРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ)	393
<i>N. Khasanzoda (Н. Хасанзода)</i>	
FEATURES OF THE SOLUTION OF REGIME TASKS IN DISTRIBUTION NETWORKS (ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ РЕЖИМНЫХ ЗАДАЧ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ).....	398
<i>I. Shabalin, P. Gordienko, V. Dostovalov, S. Bulanova, S. Yarusova, S. Somova, A. Suponina (И.А. Шабалин, П.С. Гордиенко, В.А.Достовалов, С.Б. Буланова, С.Б. Ярусова, С.Н. Сомова, А.П. Супонина)</i>	
THE SORPTION PROPERTIES OF SYNTHETIC SILICATES (СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ СИЛИКАТОВ).....	403
<i>G. Sheveleva (Г.И. Шевелева)</i>	
DIRECTIONS TO IMPROVEMENT OF CORPORATE GOVERNANCE IN THE RUSSIAN ELECTRIC POWER INDUSTRY IN THE INTERESTS OF INVESTORS (НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ В ИНТЕРЕСАХ ИНВЕСТОРОВ).....	408
СЕКЦИЯ 5. ЭНЕРГЕТИКА	414
Подсекция «Теплоэнергетика»	414
<i>G. Babenko, G. Zakharov, K. Tsygankova (Г.С. Бабенко, Г.А. Захаров, К.В. Цыганкова)</i>	
IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF MECHANIZED BOILERS OF LOW POWER WHEN OPERATING ON LOW-GRADE BROWN COAL (ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА НИЗКОСОРТНЫХ БУРЫХ УГЛЯХ)	414
<i>V. Biryuk, A. Gorshkalev, S. Dostovalova, S. Zaika (В. В. Бирюк, А. А. Горшкалев, С. С. Достовалова, С. В. Заика)</i>	
NUMERICAL MODELING OF DYNAMIC PROCESSES OF A WIND TURBINE (ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВИХРЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ) ...	421

V. Biryuk, A. Gorshkalev, A. Shimanov (В.В. Бирюк, А.А. Горшкалев, А.А. Шиманов)

NUMERICAL MODELING OF A CYCLONE GAS-SCRUBBING DEVICE (ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИКЛОННОГО АППАРАТА ОЧИСТКИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ГАЗОВ) 424

V. Chernenkov, D. Makarov, I. Likhachev, M. Beskrovniy (В.П. Черненко, Д.А. Макаров, И.Д. Лихачев, М.И. Бескровный)

IMPROVEMENT OF THE PUMPING SUBSTATION HEAT RECOVERY SYSTEMS WITH EXCESS PRESSURE (СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ НАСОСНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ИЗБЫТОЧНОГО НАПОРА) 427

V. Chernenkov, D. Makarov, I. Likhachev, M. Beskrovniy (В.П. Черненко, Д.А. Макаров, И.Д. Лихачев, М.И. Бескровный)

SIMULATION OF THERMAL MOVEMENTS AND EFFORTS OF THE PIPES IN THE GROUND (МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И УСИЛИЙ ТЕПЛОПРОВОДОВ В ГРУНТЕ) 429

E. Dorogov, K. Shtym (Е.Ю. Дорогов, К.А. Штым)

RESEARCH OF THE TEMPERATURE LEVEL IN THE COMBUSTION CHAMBER WITH CYCLONE-SWIRL BURNER FOR ITS DIFFERENT LAYOUT (ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО УРОВНЯ В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛОВ С ЦИКЛОННО-ВИХРЕВЫМИ ПРЕДТОПКАМИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ИХ КОМПОНОВКЕ) 433

S. Fetsov (С. С. Фецов)

STEADY-STATE GAS FLOW THROUGH POROUS OBJECT WITH PERIODIC DISTRIBUTION OF HEAT-RELEASE SOURCES (О СТАЦИОНАРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА В ПОРИСТОМ ОБЪЕКТЕ С ПЕРИОДИЧЕСКИ РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЕМ) 438

Yu. Goncharenko, T. Solovyova, K. Shtym (Ю.Б. Гончаренко, Т.А. Соловьева, К.А. Штым)

THE RESEARCH WORK OF SWIRLING FLOWS AERODYNAMIC PROCESSES BASED ON INVESTIGATIONS OF CYCLON-SWIRL FURNACE OF BOILER BKZ-75-16 VLADIVOSTOK POWER STATION (ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ НА ПРИМЕРЕ ЦИКЛОННО-ВИХРЕВОГО ПРЕДТОПКА КОТЛА БКЗ-75-16 ВЛАДИВОСТОКСКОЙ ТЭЦ-1) 443

L. Kagan 1,2, G. Sivashinsky 1

TRANSITION TO DETONATION OF AN EXPANDING
SPHERICAL FLAME 448

A. Kalinin, P. Pochekunin (А.О. Калинин, П.С. Почекунин)

ENERGY-EFFICIENT HOUSE (ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ДОМ) 451

*A. Kobzar, N. Turchanovich, I. Turchanovich (А.В. Кобзарь,
Н.Н. Турчанович, И.Е. Турчанович)*

COST EFFICIENCY ANALYSIS OF THE REQUIRED R-VALUES OF
BUILDING ENVELOPES. (ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ БАЗОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТРЕБУЕМОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ)..... 456

A. Koval, A. Shtym (А.А. Когаль, А.С. Штым)

HEAT AND COLD SUPPLY WOODEN MODULAR BUILDINGS
BASED ON ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN THE VILLAGE
CHUGUEVKA (ТЕПЛО-ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ ДЕРЕВЯННОГО
МОДУЛЬНОГО ЗДАНИЯ В С. ЧУГУЕВКА НА ОСНОВЕ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ)..... 461

*E. Konovalova, A. Onishchenko, O. Kalashnikova, L. Evtushenko,
A. Rzhечinsky, D. Stom (Е. Ю. Коновалова , А. К. Онищенко , О. Б.
Калашишникова, Л. И. Евтушенко, А. Э. Ржечинский, Д. И. Стом)*

USING SERRATIA MARCESCENS IN MICROBIAL FUEL CELLS
(ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SERRATIA MARCESCENS В МИКРОБНЫХ
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ) 464

*A. Levtsev , B. Grishin, V. Salmin, O. Tarakanov (А.П. Левцев,
Б.М. Гришин, В.В. Салмин, О.В. Тараканов)*

METHODS OF VALUATION HEAT BUILDINGS (МЕТОДИКА
НОРМИРОВАНИЯ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЗДАНИЙ) 467

*V. Mironov, Y. Ivanyushin, I. Yakimova (В.В. Миронов,
Ю.А. Иванюшин, И.В. Якимова)*

USING THE ENERGY OCEAN WAVES TO PRODUCE FRESH
WATER FROM THE AIR (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ МОРСКИХ
ВОЛН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕСНОЙ ВОДЫ ИЗ ВОЗДУХА)..... 472

E. Olkhovik, A. Butsanets (Е.О. Ольховик, А.А. Буцанец)

EVALUATION POWER GENERATING UNITS FOR THE NEEDS OF COASTAL AND MARINE USERS (ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГООБЛОКОВ ДЛЯ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ ПРИБРЕЖНЫХ И МОРСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ)..... 476

N. Osipova, B. Grishin, G. Greisukh, S. Stepanov, E. Ezhov (Н.Н. Осипова , Б.М. Гришин , Г.И. Грейсукх , С.А. Степанов , Е.Г. Ежов)

FORMATION OF THE OPTIMAL STRUCTURE OF THE REGIONAL GAS DISTRIBUTION SYSTEMS SUPPLY CONSUMERS WITH LIQUEFIED PETROLEUM GAS (ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЖИЖЕННЫМ УГЛЕВОДОРОДНЫМ ГАЗОМ)..... 480

N. Osipova, B. Grishin, G. Greisukh, S. Stepanov, E. Ezhov (Н.Н. Осипова , Б.М. Гришин , Г.И. Грейсукх , С.А. Степанов , Е.Г. Ежов)

JUSTIFICATION OPERATING CONDITIONS OF GAS SUPPLY SYSTEMS ON THE BASIS OF BALLOON INSTALLATIONS LIQUEFIED PETROLEUM GAS (ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ БАЛЛОННЫХ УСТАНОВОК СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА)..... 485

N. Osipova, B. Grishin, V. Salmin, O. Tarakanov, Yu. Rodionov (Н.Н. Осипова, Б.М. Гришин , В.В. Салмин , О.В. Тараканов , Ю.В. Родионов)

JUSTIFICATION OF THE GAS SUPPLY SYSTEM ON THE BASIS OF TANK INSTALLATIONS WITH NATURAL REGASIFICATION OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS TO PREVENT THE FORMATION OF CRYSTALLINE HYDRATES IN PRESSURE REGULATORS (ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ РЕЗЕРВУАРНЫХ УСТАНОВОК С ЕСТЕСТВЕННОЙ РЕГАЗИФИКАЦИЕЙ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА С ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕМ ОБРАЗОВАНИЯ КРИСТАЛЛОГИДРАТОВ В РЕГУЛЯТОРАХ ДАВЛЕНИЯ)..... 491

<i>A. Shtym, A. Karyagin (А.С. Штым, А.В. Карягин)</i>	
SOLAR ENERGY FOR HOT WATER IN THE CAMPUS OF THE FAR EASTERN FEDERAL UNIVERSITY RUSSIAN ISLAND (СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В КАМПУСЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ОСТРОВА РУССКИЙ)	496
<i>K. Shtym, T. Solovyova, A. Lesnih (К.А. Штым,, Т.А. Соловьёва, А.В. Лесных)</i>	
THE RESEARCH WORK OF UNISOTERMIC SWIRLING FLOW (ИССЛЕДОВАНИЯ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА).....	501
<i>D. Uglanov, S. Zaika, S. Dostovalova (Д. А. Угланов, С.В. Заика, С. С. Достовалова)</i>	506
THE POSSIBILITY OF USING LOW-GRADE HEAT OF A CRYOGENIC PRODUCT FOR OBTAINING MORE ENERGY (ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА К РИОПРОДУКТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ).....	506
<i>M. Upsky, S. Mokrin, V. Upsky (М.В. Упский, С.Н. Мокрин, В.А. Упский)</i>	
STUDY OF MULTIPLE-HOLE CENTRIFUGAL ATOMIZERS (ИССЛЕДОВАНИЯ МНОГОСОПЛОВЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФОРСУНОК).....	510
<i>T. Zilina, K. Afonin, A. Zagorskaya (Т.С. Жилина, К.В. Афонин, А.А. Загорская)</i>	513
RECYCLING RESIDENTIAL AREAS IN ORDER TO OBTAIN SECONDARY ENERGY AND MATERIAL RESOURCES (ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ СЕЛИТЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ).....	513
<i>V. Zhukov, I. Slesarenko, L. Glushak, I. Slesarenko (В.А. Жуков, И.Б. Слесаренко, Л.В. Глушак, И.В. Слесаренко)</i>	
TECHNICAL PARAMETERS OF AUTOMATED HEAT STORAGEES FOR URBAN HEAT SUPPL (ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО ТЕПЛОВОГО АККУМУЛЯТОРА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ОТБОРОМ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ)	517

I. Zhurmilova, A. Shtym, Yu. Filchikova (И.А. Журмилова, А.С. Штым, Ю.П. Фильчикова)

DETERMINATION OF THE GROUND HEAT EXCHANGERS TEMPERATURE FIELD IN GEOTHERMAL HEAT PUMPS (ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ГРУНТОВЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ).... 522

СЕКЦИЯ 6.АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО..... 526

P. Abbasov, A. Petrashen (П. А. Аббасов, А.С. Петрашень)

CLASSIFICATION OF SETTLEMENTS OF THE SOUTH OF FAR EAST ON TYPHOON DANGER LEVEL (КЛАССИФИКАЦИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ПО СТЕПЕНИ ТАЙФУННОЙ ОПАСНОСТИ) 526

A. Averkin, A. Eremkin, Yu. Rodionov, Yu. Averkin (А.Г. Аверкин, А.Г. Еремкин, Ю.В. Родионов, Ю.А. Аверкин)

TO THE PROBLEM OF CHECK OF FLAT COLD AND HOT, GAS METERS (К ВОПРОСУ ПОВЕРКИ КВАРТИРНЫХ СЧЕТЧИКОВ ХОЛОДНОЙ, ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ И ГАЗА)..... 530

N. Falalaeva (Н.А. Фалалеева)

THE CAUSES OF CONCRETE CRACKING AT THE STAGE OF EARLY STRENGTH (ПРИЧИНЫ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В БЕТОНАХ НА ЭТАПЕ РАННЕЙ ПРОЧНОСТИ) 534

V. Kamornyi (В.М. Каморный)

TRANSFER TO UNIFIED COORDINATE SPACE (ПЕРЕХОД К ЕДИНОМУ КООРДИНАТНОМУ ПРОСТРАНСТВУ)..... 538

L. Kim, Yu. Rylov (Л.В. Ким, Ю.М. Рылов)

RENOVATION REPAIR OF WATER PIPES AND PROTECTION FROM CORROSION AND BIOFOULING (ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ ВОДОВОДОВ И ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ И БИООБРАСТАНИЙ)..... 541

G. Kiyashko (Г.А. Кияшко)

APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES AT SOLVING CITY CONSTRUCTION TASKS (ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ)..... 546

Kwiatkowski Jacek (Квятковски Яцек)

THE NEW FUNCTIONAL-SPACE IDENTITY OF WARSAW (НОВАЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ТОЖДЕСТВЕННОСТЬ
ВАРШАВЫ) 549

*A. Koreva, O. Khrapko, E. Golovan, O. Ivanova (А. В. Копьёва,
О. В. Храпко, Е. В. Головань, О. Г.Иванова)*

THE MAIN PRINCIPLES OF ARCHITECTURE-LANDSCAPE
MANAGEMENT OF NEAR SCHOOL TERRITORIES (ОСНОВНЫЕ
ПРИНЦИПЫ АРХИТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ПРИШКОЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ)..... 551

B. V. Krasnoshchek (Б.В. Краснощек)

THE DURATION OF FREEZING OF PILES SUBMERSED TO THE
PERMAFROST SOILS (ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВМЕРЗАНИЯ
СВАЙ, ПОГРУЖЕННЫХ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ)..... 557

V.K. Moor, E.A. Erysheva (В.К. Моор, Е.А. Ерышева)

STRATEGY OF INTEGRATED DESIGN IN PROCESS OF URBAN
ENVIRONMENT RECONSTRUCTION (СТРАТЕГИЯ КОМПЛЕКСНОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКОЙ
СРЕДЫ) 558

K. Mingaleeva (К. А. Мингалеева)

FEATURES OF MODERN ARCHITECTURAL EDUCATION
(ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО АРХИТЕКТУРНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ) 563

*G. Slavcheva, E. Chernyshev, L. Kim (Г.С. Славчева , Е.М. Чернышов,
Л.В. Ким)*

MOISTURE SHRINKAGE OF MODIFIED CEMENT STONE AT THE
PROCESS OF EARLY WATERING OUT AND AFTER AGING 568

(ВЛАЖНОСТНАЯ УСАДКА МОДИФИЦИРОВАННОГО
ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В ПРОЦЕССЕ РАННЕГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ
И ПОСЛЕ СТАРЕНИЯ) 568

G. Snezhkov, S. Leonovich (Д.Ю. Снежков, С.Н. Леонович)

AUTOMATIC MONITORING OF THE STATE OF BEARING
STRUCTURES OF SKYSCRAPER BUILDINGS
(АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ
НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ)..... 572

V. Tarasov (В.В. Тарасов)

MODELLING OF ICE FAILURE BY THE DEVICE OF ACTIVE ICE PROTECTION OF MARINE OBJECTS (МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ЛЬДА УСТРОЙСТВОМ АКТИВНОЙ ЛЕДОЗАЩИТЫ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ)..... 578

N. Tsimbelman, T. Chernova, T. Sivova (Н.Я. Цимбельман, Т.И. Чернова, Т.В. Сивова)

ENGINEERING METHODS OF ANALYSIS OF HYDROTECHNICAL SHELL STRUCTURES WITH INFILL (ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЁТА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ЗАПОЛНЕННЫХ ОБОЛОЧЕК)..... 582

N. Zemlyanaya, A. Gulyakin (Н.В. Земляная, А.В. Гулякин)

INTENSIFICATION OF WORK OF DRAINAGE-DISTRIBUTIVE SYSTEMS OF WATER SUPPLY AND SEWERAGE STRUCTURES (ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ДРЕНАЖНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ)... 587

СЕКЦИЯ 7. КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ И ОКЕАНОТЕХНИКА..... 592

M. V. Gribinichenko, A. V. Kurenskiy, N. V. Kutsenko, O. S. Portnova (М.В. Грибиниченко, А.В. Куренский, Н.В. Куценко, О.С.Портнова)

DEVELOPING OF THE MODEL OF THE HYBRID GAS LUBRICATED BEARINGS FOR TURBO MACHINES (РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГИБРИДНОГО ПОДШИПНИКА С ГАЗОВОЙ СМАЗКОЙ ДЛЯ ТУРБОМАШИН) 592

K. V. Gribov, S. A. Kiselev (К.В. Грибов, С. А. Киселев)

IMPROVING TECHNOLOGY OF THE MARITIME TRANSPORT BULKY CARGO (СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ)..... 596

D. I. Ibragimov, A. V. Mochalov, Y. Y. Ilinskiy, V. V. Porshkevich, N. A. Kamaev, D. A. Kuznetsov (Д.И. Ибрагимов, А.В. Мочалов, Ю.Ю. Ильинский, В.В. Поршкевич, Н.А. Камаев, Д.А. Кузнецов)

RESEARCH DATA OF MICROTURBINE NOZZLES WITH OUTLET ANGLES OF LESS THAN 9 DEGREE (РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МИКРОТУРБИН С УГЛАМИ ВЫХОДА СОПЕЛ МЕНЕЕ 9°) 602

V.A. Kompanets, P.P. Karpov, O.E. Surov

REDUCE METHOD THE WAVE BENDING MOMENTS OF THE VESSEL 607

*V. Kompanets, O. Surov, V. Ilyin (В. А. Компанец,
О. Э. Суров, В.С. Ильин)*

PROBLEM ANALYSIS AND OPERATING EXPERIENCE OF MARINE
TECHNICS FOR THE IMPROVEMENT OF DESIGN METHODOLOGIES
(АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКОЙ
ТЕХНИКИ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИК
ПРОЕКТИРОВАНИЯ) 608

A. Krainov, S. Khrunkov (А.А. Крайнов, С.Н. Хрунков)

TESTS FOR HAND-HELD PNEUMATIC GRINDER WITH A NEW MICRO-
TURBINE ACTUATOR FOR SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR
(ИСПЫТАНИЯ РУЧНОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШЛИФОВАЛЬНОЙ
МАШИНЫ С ИННОВАЦИОННЫМ МИКРОТУРБИНЫМ
ПРИВОДОМ ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА) 612

E. Minaev, D. Artyukhov (Е.Н. Минаев, М.А. Мачеев)

CALCULATION OF OXYGEN MASS TRANSFER IN A BOUNDARY
LAYER IN FORCED CONVECTION OF WATER IN CHANNELS OF
POWER PLANTS AT THEIR CATHODIC PROTECTION FROM
CORROSION (РАСЧЁТ МАССОПЕРЕНОСА КИСЛОРОДА В
ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ ПРИ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ
ВОДЫ В КАНАЛАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПРИ ИХ
КАТОДНОЙ ЗАЩИТЕ ОТ КОРРОЗИИ) 617

*K.V. Nadaraia, D.V. Mashtalyar, S.V. Gnedenkov,
S.L. Sinebryukhov, A.N. Minaev*

FORMATION OF THE PROTECTIVE COMPOSITE COATINGS
ON A MAGNESIUM ALLOY USING AN AQUEOUS SUSPENSION
OF SUPERDISPERSED POLYTETRAFLUOROETHYLENE
(ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ
НА МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДНОЙ
СУСПЕНЗИИ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА) . 621

*O. S. Portnova, M. V. Gribinichenko, A. N. Minaev, N. A. Gladkova
(О.С. Портнова, М.В. Грибиниченко, А.Н. Минаев, Н.А. Гладкова)*

OPTIMIZATION OF PERFORMANCE OF THE GAS LUBRICATED
BEARINGS (ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОДШИПНИКОВ НА ГАЗОВОЙ СМАЗКЕ) 625

- A. A. Rekada, M. V. Gribinichenko, A. V. Kurenskiy, O. S. Portnova*
(*А.А. Рекеда, М.В. Грибиниченко, А.В. Куренский, О.С. Портнова*)
- ANALYSIS OF THE DESIGN FEATURES OF THE GAS BEARINGS ENHANCING THE CARRYING CAPACITY OF THE LUBRICATING LAYER (АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГАЗОВЫХ ОПОР, ПОВЫШАЮЩИХ НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ) 629
- A. I. Samsonov, A. A. Samsonov* (*А.И. Самсонов, А.А. Самсонов*)
- ENERGY-EFFICIENT, ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TECHNIQUE BASED ON TURBOMACHINERY WITH BEARINGS ON GAS LUBRICATION (ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНИКА НА ОСНОВЕ ТУРБОМАШИН С ПОДШИПНИКАМИ НА ГАЗОВОЙ СМАЗКЕ) 634
- A. Sobolenko* (*А.Н. Соболенко*)
- THE IMPROVEMENT OF MEASURES TO INSURE ACCIDENT-FREE OPERATION OF SHIP POWER INSTALLATION (СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗАВАРИЙНОЙ РАБОТЫ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК) 639
- A.A. Sokolov, D.P. Opra, S.V. Gnedenkov, S.L. Sinebryukhov, V.V. Zheleznov, E.I. Voit, A.N. Minaev* (*А.А. Соколов, Д.П. Опра, С.В. Гнеденков, С.Л. Синебрюхов, В.В. Железнов, Е.И. Войт, А.Н. Минаев*)
- ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF NANOSTRUCTURED TiO₂(ANATASE) DEPENDING ON THE DEGREE OF DOPING OF HF FOR SECONDARY LI-ION BATTERY (ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО TiO₂(АНАТАЗ) ОТ СТЕПЕНИ ДОПИРОВАНИЯ HF ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА)..... 642
- A. Yurtayev, A. Semenikhin, L. Tsygankova, A. Hannanov, V. Porshkevich, D. Ibragimov* (*А.А. Юртаев, А.А. Семенихин, Л.П. Цыганкова, А.М. Ханнанов, В.В. Поршкевич, Д. И. Ибрагимов*)
- EXPERIMENTAL STAND FOR RESEARCH BLADE WHEELS OF MICROTURBINES (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ КОЛЁС МИКРОТУРБИН) 644

*A. Yurtayev, A. Semenikhin, L. Tsygankova, A. Hannanov, V. Porshkevich,
D. Ibragimov (А.А. Юртаев, А.А. Семенухин, Л.П. Цыганкова,
А.М. Ханнанов, В.В. Поршкевич, Д. И. Ибрагимов)*

EXPERIMENTAL STAND FOR RESEARCH NOZZLE BLOCKS OF
MICROTURBINES (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ СОПЛОВЫХ АППАРАТОВ МИКРОТУРБИН) 649

**СЕКЦИЯ 8. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА..... 655**

*A. Burenin, V. Bezotvetnyh, Yu. Morgunov (А.В. Буренин,
В.В. Безответных, Ю.Н. Моргунов)*

PROBING OF THE MARINE ENVIRONMENT WITH LOW-FREQUENCY
PSEUDORANDOM SIGNALS FROM THE SHELF INTO THE DEEP WATER
IN WINTER HYDROLOGICAL CONDITIONS OF THE SEA OF JAPAN
(ЗОНДИРОВАНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ НИЗКОЧАСТОТНЫМИ
ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫМИ СИГНАЛАМИ ИЗ ШЕЛЬФА В ГЛУБОКОЕ
МОРЕ В ЗИМНИХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЯПОНСКОГО
МОРЯ) 655

K. V. Churina (К.В. Чупина)

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF ELECTRIC DRIVE WITH
OBSERVER FOR DAMPING SYSTEM OF VESSEL DESCENT-RISE
DEVICE (СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ С НАБЛЮДАТЕЛЕМ
СОСТОЯНИЯ ДЛЯ КОМПЕНСАТОРНОГО МЕХАНИЗМА СУДОВОГО
СПУСКОПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА) 659

*G. Dolgikh, S. Dolgikh, A. Subote, V. Fischenko, V. Churin,
V. Shvets, S. Yakovenko (Г.И. Долгих, С.Г. Долгих, А. Е. Суботэ,
В.К. Фищенко, В.А. Чурин, В.А. Швеи, С.В. Яковенко)*

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR HYDRO-BIOLOGICAL
MONITORING (АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА)..... 662

*V. Filaretov, A. Konoplin, N. Konoplin (В. Ф. Филаретов, А. Ю. Коноплин,
Н. Ю. Коноплин)*

DEVELOPMENT OF A METHOD OF SYNTHESIS OF UNDERWATER
VESSEL CONTROL SYSTEM WITH MULTI-LINK MANIPULATOR FOR
AUTOMATIC PERFORMANCE OF MANIPULATIVE OPERATIONS IN
HOVER MODE (РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМ АППАРАТОМ С МНОГОЗВЕННЫМ
МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

МАНИПУЛЯЦИОННЫХ ОПЕРАЦИЙ В РЕЖИМЕ ЗАВИСАНИЯ АППАРАТА)	666
<i>V. Filaretov , A. Gubankov , I. Gornostaev (В.Ф. Филаретов , А.С. Губанков , И.В. Горностаев)</i>	
CONTROL FEATURES OF MULTILINK MANIPULATORS AT LARGE PARTS PROCESSING (ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОЗВЕННЫМИ МАНИПУЛЯТОРАМИ ПРИ ОБРАБОТКЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ)	671
<i>A. Golov, V. Bezotvetnyh, Yu. Morgunov (А.А. Голов, В.В. Безответных, Ю.Н. Моргунов)</i>	
EXPERIMENTAL TESTING OF AUTONOMOUS APPLIANCE FOR DIRECTION FINDING OF UNDERWATER SOURCE OF ACOUSTIC VIBRATIONS (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ АВТОНОМНОГО АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ПЕЛЕНГАЦИИ ПОДВОДНОГО ИСТОЧНИКА АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ)	675
<i>A. Gorelikov, A. Tagiltsev , V. Korochentsev , Yu. Morgunov (А.И. Гореликов, А.А. Тагильцев, В.И. Короченцев, Ю.Н. Моргунов)</i>	
APPLYING BERNOULLI'S LAW FOR THE AUTOMATIC OPERATION OF A HIGH-SPEED FLEXIBLE VALVE (ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА БЕРНУЛЛИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СРАБАТЫВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЭЛАСТИЧНОГО КЛАПАНА)	680
<i>S. Gorovoy, A. Kiryanov, E. Zheldak (С.В. Горовой, А.В. Кирьянов, Е.М. Желдак)</i>	
SOME RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF TEMPORAL VARIABILITY OF ANISOTROPY OF SHALLOW SEA NOISE IN THE VERTICAL PLANE (НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ АНИЗОТРОПИИ ШУМОВ МЕЛКОГО МОРЯ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ)	686
<i>A. Inzartsev, A. Vagnitsky (А.В. Инзарцев, А.В. Вагницкий.)</i>	
PLANNING AND CORRECTION OF TRAJECTORIES OF AN AUTONOMOUS UNDERWATER ROBOT AT WORKS IN THE WATERS AND RELIEFS OF DIFFERENT TYPES (ПЛАНИРОВАНИЕ И КОРРЕКЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПОДВОДНОГО РОБОТА ПРИ РАБОТЕ В АКВАТОРИЯХ И РЕЛЬЕФАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ)	687

*B. Istomin, S. Ivanov, A. Gerasimenko, V. Roganov, V. Istomin, T. Istomina ,
N. Kosenok (Б.А. Истомин, С.А. Иванов, А.В. Герасименко , В.Р. Роганов,
В.В. Истомин, Т.В. Истомина)*

DESCRIPTION OF BIOLOGICAL FEEDBACK USING ELEMENTS OF
AUTOMATIC CONTROL THEORY (ОПИСАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ
ОБРАТНОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ) 692

*B. Kasatkin, N. Zlobina, S. Kasatkin , L. Statsenko , D. Zlobin (Б.А. Касаткин ,
Н.В. Злобина, С.Б. Касаткин , Л.Г. Стаценко , Д.В. Злобин)*

FORMATION OF THE DIRECTIVITY OF COMBINED HYDROACOUSTIC
RECEIVER BY THE VERTICAL POWER FLOW (ФОРМИРОВАНИЕ
НАПРАВЛЕННОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО ГИДРОАКУСТИЧЕС-
КОГО ПРИЕМНИКА ПО ВЕРТИКАЛЬНОМУ ПОТОКУ МОЩНОСТИ)... 696

*A. Kiryanov, B. Salnikov, E. Salnikova, N. Slesarev (А.В. Кирьянов,
Б.А. Сальников, Е.Н. Сальникова, Н.Ю. Слесарев)*

ZONING OF SUBSURFACE WATERS BY THE STOCHASTICITY
LEVEL OF SOUND VELOCITY FIELD (РАЙОНИРОВАНИЕ
ПОДВОДНЫХ АКВАТОРИЙ ПО УРОВНЮ СТОХАСТИЧНОСТИ
ПОЛЯ СКОРОСТИ ЗВУКА) 700

V. Kostenko, A. Tolstonogov (В.В. Костенко , А.Ю. Толстоногов)

DESCRIPTION OF THE MODULAR APPROACH WHEN UPGRADING
THE SOFTWARE ON-BOARD CONTROL AND NAVIGATION SYSTEM
FOR ROV (ОПИСАНИЕ МОДУЛЬНОГО ПОДХОДА ПРИ
МОДЕРНИЗАЦИИ ПО СИСТЕМЫ БОРТОВОГО УПРАВЛЕНИЯ И
НАВИГАЦИИ ДЛЯ ТНПА) 704

G.E. Kuvshinov, K.V. Churina (Г.Е. Кувшинов, К.В. Чупина)

THE VESSEL DESCENT-RISE DEVICE FUZZY CONTROL SYSTEM
(НЕЧЕТКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫМ
СПУСКОПОДЪЕМНЫМ УСТРОЙСТВОМ)..... 709

S. Kulik, A. Tolstonogov (С.Ю. Кулик, А.Ю. Толстоногов)

VISUAL ODOMETRY AND MAPPING OF A SEA FLOOR AREA WITH
UNDERWATER VEHICLE BASED ON STEREOVISION (ВИЗУАЛЬНАЯ
ОДОМЕТРИЯ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ УЧАСТКА ДНА
ПОДВОДНЫМ АППАРАТОМ НА ОСНОВЕ СТЕРЕОЗРЕНИЯ)..... 711

A. Nadytov (А.В. Надымов)

EFFECTIVENESS ANALYSIS OF LONG-DISTANCE RADIO MODEMS AT
THE INVESTIGATION OF THE WORLD OCEAN (АНАЛИЗ

ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОМОДЕМОВ ДАЛЬНЕЙ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МИРОВОГО ОКЕАНА)..... 716

M. Nevmetzhitsky, A. Vara, M. Boyko, B. Notkin, K. Zmeu, (М.Н. Невмержуцкий, А.В. Вара, М.В. Бойко, Б.С. Ноткин, К.В. Змеу)

ON EXPERIMENTAL STUDY OF THE STRUCTURAL DYNAMICS OF INDUSTRIAL MANIPULATOR (К ВОПРОСУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНОЙ ДИНАМИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА)..... 721

V. Petukhov, E. Zheldak, A. Burenin (В.И. Петухов, Е.М. Желдак, А.В. Буренин)

THE EVALUATION OF THE PREDICTION ACCURACY OF VERTICAL DISTRIBUTION OF SOUND VELOCITY USING FIELD DATA (ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРСЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАТУРНЫХ ДАННЫХ) 727

A. Rodionov, A. Scherbatyuk, A. Kiryanov, P. Unru (А.Ю. Родионов, А.Ф. Щербатюк, А.В. Кирьянов, П.П. Унру)

UNDERWATER ACOUSTIC COMMUNICATION SYSTEM FOR AUV/ASV NAVIGATION AND CONTROL: DEVELOPMENT OF FM-DBPSK MODULATION METHOD (ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СВЯЗИ ДЛЯ ГРУППОВОЙ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ АНПА/АНВА: РАЗРАБОТКА МЕТОДА МОДУЛЯЦИИ FM-DBPSK)..... 730

Sacile R., Bersani C., E.M. Zheldak

OPTIMAL PLACEMENT OF UNDERWATER BUOYS FOR OIL SPILL MONITORING..... 736

G. Shestopalov (Г.А. Шестопалов)

THE METHOD OF LEADING AUV TO A SONAR BEACON USING FUZZY LOGIC WITH HYDROACOUSTIC INFORMATION IN A VERY NOISY ENVIRONMENT (МЕТОД ПРИВЕДЕНИЯ АНПА К ГИДРОАКУСТИЧЕСКОМУ МАЯКУ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИЛЬНО ЗАШУМЛЕННОЙ СРЕДЕ) 740

L. Statsenko, A. Chusov, Yu. Mirgorodskaya (Л.Г. Стаценко, А.А. Чусов, Ю.В. Миргородская)

HIGH-PERFORMANCE COMPUTER MODELING IN THE ANALYSIS OF PHYSICAL FIELDS (ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ АНАЛИЗЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ) 743

I. Styorochkin , Yu. Shambarova (И.Е. Стёпочкин , Ю.В. Шамбарова)

THE CAPABILITIES OF USING GEOSTATIONARY OCEAN COLOR IMAGER (GOCI) TO ASSESS THE ECOLOGICAL STATUS OF THE COASTAL WATERS OF THE SEA OF JAPAN (ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОСТАЦИОНАРНОГО СКАНЕРА ЦВЕТА ОКЕАНА GOCI ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ЯПОНСКОГО МОРЯ) 747

A. Yakimenko, M. Serous, V. Sergeeva, Ya. Blinovskaya (А.Л. Якименко, М.И. Сероус, В.С. Сергеева, Я.Ю. Блиновская)

MICROPLASTICS IN THE COASTAL-MARINE ENVIRONMENT OF THE SOUTHERN RUSSIAN FAR EAST (МИКРОПЛАСТИК В ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ СРЕДЕ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА) 753

A. Varenikova, M. Laguta (А.Ю. Вареникова, М.В. Лагута)

MONITORING OF COASTAL OCEAN AREAS BY NONLINEAR ACOUSTIC TOMOGRAPHY (МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН ОКЕАНА МЕТОДОМ НЕЛИНЕЙНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ) 757

A. Voloschenko, S. Tarasov, S. Chernov (А.П. Волощенко, С.П. Тарасов, Н.Н. Чернов)

EXPERIMENTAL STUDY OF THE TRANSMISSION OF ACOUSTIC INHOMOGENEOUS PLANE WAVES FROM THE OCEAN INTO THE ATMOSPHERE (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНЫХ ПЛОСКИХ ВОЛН ИЗ ОКЕАНА В АТМОСФЕРУ)..... 761

A. Voronin, V. Voronin, N. Chernov (А.В. Воронин, В.А. Воронин, Н.Н. Чернов)

THE STUDY OF UNDERWATER SONAR SYSTEMS FOR THE DETECTION OF AQUATIC ORGANISMS (ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ГИДРОБИОНТОВ)..... 766

V. Voronin, P. Pivnev, S. Tarasov (В.А. Воронин, П.П. Пивнев, С.П. Тарасов)

BROADBAND ANTENNAE OF HYDROACOUSTIC SYSTEMS FOR UNDERWATER OBSERVATION AND COMMUNICATION (ШИРОКОПОЛОСНЫЕ АНТЕННЫ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОДВОДНОГО НАБЛЮДЕНИЯ И СВЯЗИ) 770

СЕКЦИЯ 9. НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И НЕФТЕХИМИЯ	776
<i>A.V. Ashcheulov, S.V. Nikitin (A.B. Ащеулов, С.В. Никитин)</i>	
A DYNAMIC MODEL OF THE RIG WITH TOP DRIVE (ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ С СИСТЕМОЙ ВЕРХНЕГО ПРИВОДА)	776
<i>V.K. Chistyakov (B.K. Чистяков)</i>	
DRILLING IN A CUT CONTAINING NATURAL GAS HYDRATES (БУРЕНИЕ СКВАЖИН В РАЗРЕЗАХ С ПРИРОДНЫМИ ГАЗОВЫМИ ГИДРАТАМИ)	780
<i>P.V. Gorelov, N.G. Shkabarnya, A.N. Gulkov, S.F. Solomennik, N.A. Nagornova</i>	
SEISMIC MONITORING ALONG THE OIL PIPELINES IN THE PRIMORSKY KRAY (СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВДОЛЬ ТРАССЫ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДА В ПРИМОРСКОМ КРАЕ)	783
<i>A.A. Gruchenkova, A.A. Tarasenko, P.V. Cherur (A.A. Грученкова, A.A. Тарасенко, П.В. Черур)</i>	
BASIS FOR THE POSSIBILITY OF USING A NUMERICAL METHOD FOR THE STUDY OF THE TANK ROOF PERFORMANCE OF RVS-20000 FOR THE EXAMINATION OF AN OBJECT (ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КРОВЛИ РЕЗЕРВУАРА РВС-20000 ПРИ ЭКСПЕРТИЗЕ ОБЪЕКТА)	787
<i>A. Gulkov, V. Lapshin, A. Nikitina, A. Morozov, Em Yu., S. Gulkova, S. Solomennik, V. Slesarenko, E. Suess (A.H. Гульков, В.А. Лапшин, A.B. Никитина, A.A. Морозов, Em Ю., Гулькова С.Г., Соломенник С.Ф., B.B. Слесаренко, E. Suess)</i>	
THE PILOT STUDY OF THE FORMATION OF GAS HYDRATE SUSPENSIONS AND TRANSPORT PROPERTIES (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЮ ГАЗОГИДРАТНЫХ СУСПЕНЗИЙ И ИХ ТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ)	792
<i>T.V. Ksenik, O.N. Tsybul'skaya, A.V. Perfil'ev, A.A. Yudakov (T.B. Ксеник , O.H. Цыбульская, A.B. Перфильев, A.A. Юдаков)</i>	
CLEANING OILY WASTE WATER USING HYDROPHOBIZED SORBENT ON THE BASIS OF THE ALUMINOSILICATE (ОЧИСТКА ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ВОД С ПОМОЩЬЮ ГИДРОФОБИЗИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ НА АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ ОСНОВЕ)	796

*V.A. Kurushina, E. V. Kurushina, M. Yu. Zemenkova (В.А. Курушина,
Е.В. Курушина, М.Ю. Земенкова)*

ON TECHNOLOGIES FOR ENGINEERING EDUCATION
IN UNIVERSITIES OF WORLD-LEVEL BENCHMARKS
(О ТЕХНОЛОГИЯХ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗАХ-
БЕНЧМАРКАХ МИРОВОГО УРОВНЯ)..... 801

*R.A. Mamadaliev, V. N. Kuskov, A.A. Popova (Р.А. Мамадалиев,
В.Н. Кусков, А.А. Попова)*

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE WELDING OF STAINLESS
STEEL FOR PIPES AND RESERVOIRS (СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
СВАРКИ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ ДЛЯ ТРУБ
И РЕЗЕРВУАРОВ)..... 806

V.A. Nasakin (В. А. Насакин)

REDUCTION OF CAPITAL COSTS ON A PLANTS FOR LIQUEFYING
NATURAL GAS OF PLATFORMS OPERATING IN THE ARCTIC SHELF
CONDITIONS (СНИЖЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ УСТАНОВОК
СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ПЛАТФОРМАХ, ЭКСПЛУАТИ-
РУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА) 810

*E.V. Niskovskaya, S.F. Solomennik, A.V. Nikitina, E.G. Avtomonov
(Е.В. Нисковская, С.Ф. Соломенник, А.В. Никитина, Е.Г. Автомонов)*

DEVELOPMENT OF MODELS FOR COMPANIES MANAGEMENT IN OIL
AND GAS SECTOR (РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ
ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ
НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА)..... 815

*R.A. Novikov, O.V. Makovetskii, V.V. Slesarenko (Р.А. Новиков,
О.В. Маковецкий, В.В. Слесаренко)*

PREPARATION OF FUEL GAS IN THE VORTEX DEVICES FOR POWER
PLANTS (ПОДГОТОВКА ТОПЛИВНОГО ГАЗА В ВИХРЕВЫХ
АППАРАТАХ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК)..... 818

*A. Obzhirov , R. Shakirov , Minami H., Hachikubo A., Shoji H.,
Young Keun Jin, B. Baranov , A. Gulkov*

GEOLOGICAL COMPLEX OF INVESTIGATIONS TO SEARCH METHANE
FLUXES AND GAS HYDRATES IN THE OKHOTSK SEA..... 824

*M.A. Pavlyuchenko, E.V. Niskovskaya, P.A. Sokolova (М.А. Павлыченко,
Е.В. Нисковская, П.А. Соколова)*

LIQUIDATION OF OIL POLLUTION IN THE ARCTIC AND ASSESSMENT
OF ENVIRONMENTAL DAMAGE OF COASTAL AREAS (ЛИКВИДАЦИЯ

НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В АРКТИКЕ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ)	825
<i>K.S. Picula, A.M. Makarenko, A.N. Gulkov (К.С. Пикула, А.М. Захаренко, А.Н. Гульков)</i>	
ADAPTATION MECHANISMS OF BACTERIAL REFINERIES (МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ БАКТЕРИЙ)	827
<i>N.A. Prokuda, S.V. Sukhoverkhov (Н.А. Прокуда, С.В. Суховерхов)</i>	
USING OF GAS CHROMATOGRAPHY FOR ANALYSIS OF PARAFFIN CONTENT OF OIL AND SLUDGE SAMPLES OF DIFFERENT ORIGIN (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ ДЛЯ АНАЛИЗА СОДЕРЖАНИЯ ПАРАФИНОВ В ОБРАЗЦАХ НЕФТИ И НЕФТЕШЛАМОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ)	830
<i>V.D. Shantarin, N.A. Bezzubtseva, Yu.D. Zemenkov (В.Д. Шантарин, Н.А. Беззубцева, Ю.Д. Земенков)</i>	
NOOSPHERIC ECOLOGICAL IMPERATIVE IN THE CULTURE OF THE TECHNOCRATIC SOCIETY (НООСФЕРНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИМПЕРАТИВ В КУЛЬТУРЕ ТЕХНОКРАТИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА)	834
<i>M. Zh. Shevireva, S.L. Shevirev (М.Ж. Шевырёва, С.Л. Шевырёв)</i>	
MONITORING OF HYDROCARBON ACCUMULATIONS OF TATAR STRAIT'S SEDIMENTARY BASINS BY ORBITAL IMAGERY (МОНИТОРИНГ ПРОЯВЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ ОСАДОЧНЫХ БАСЕЙНОВ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА ПО ДАННЫМ ОРБИТАЛЬНЫХ СЪЕМОК).....	839
<i>V.V. Slesarenko, D.S. Kuzmin, M.A. Yerofeyev (В.В. Слесаренко, Д.С. Кузьмин, М.А. Ерофеев)</i>	
THE USE OF GAS TURBINE DRIVE OF THE MAIN PUMPS AT OIL PUMPING STATIONS (ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОТУРБИННОГО ПРИВОДА МАГИСТРАЛЬНЫХ НАСОСОВ НА НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ).....	844
<i>P.A. Sokolova, E.V. Niskovskaya, M.A. Pavlychenko (П.А. Соколова, Е.В. Нисковская, М.А. Павлыченко)</i>	
PROBLEMS WITH OIL SPILL ON UNDERWATER TRANSITIONS IN WINTER CONDITIONS IN THE FAR EAST (ПРОБЛЕМЫ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА).....	849

N.S. Syrбу, R.B. Shakirov, Phung Van Phach, Le Duc Anh

GASGEOCHEMICAL FEATURES IN THE TONKIN GULF AREA
(EAST VIETNAM SEA, 2013-2014) 853

*I.S. Truhin, P.A. Zadorozhnyy, N.V. Polyakova, S.V. Sukhoverkhov,
A.N. Markin, V.A. Avramenko (И.С. Трухин, П.А. Задорожний,
Н.В. Полякова, С.В. Суховерхов, А.Н. Маркин, В.А. Авраменко)*

DETERMINATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF STRATAL
WATER, SURROUNDING SEA WATER AND SALT DEPOSITS FROM OIL-
FIELD SYSTEMS OF OIL AND GAS PLATFORMS (ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОПУТНО ДОБЫВАЕМЫХ ПЛАСТОВЫХ,
ОКРУЖАЮЩИХ МОРСКИХ ВОД И ОТЛОЖЕНИЙ СОЛЕЙ ИЗ
НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ СИСТЕМ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ
ПЛАТФОРМ) 854

*F.G. Unger, L.V. Tsyro, F.F. Sannikov, A.F. Unger, M.F. Unger,
A.V. Gumbin (Ф.Г. Унгер, Л.В. Цыро, Ф.Ф. Санников,
А.Ф. Унгер, М.Ф. Унгер, А.В. Гумбин)*

SPIN NATURE OF THE SYSTEM OF OIL-GAS-WATER-ROCK
(СПИНОВАЯ ПРИРОДА СИСТЕМЫ НЕФТЬ-ГАЗ-ВОДА-ПОРОДА)..... 858

*V.S. Vlasenko, V.V. Slesarenko, E.N. Meshkov, A.V. Nikitina (В.С. Власенко,
В.В. Слесаренко, Е.Н. Мешков, А.В. Никитина)*

STUDY MODES ТRENПТОЧНОУ VORTEX TUBE TO PREPARE THE
GAS (ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРЕХПОТОЧНОЙ
ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НЕФТЯНОГО ГАЗА)..... 863

*M. Zemenkova, V. Kurushina, Yu. Zemenkov, M. Alexandrov, L. Markova
(М.Ю. Земенкова, В.А. Курушина, Ю.Д. Земенков, М.А. Александров,
Л.М. Маркова)*

ASSESSMENT OF HYDRAULIC RELIABILITY OF HYDROCARBON
RESOURCES' TRANSPORT (ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ
НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ
РЕСУРСОВ) 868

СЕКЦИЯ 10. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ 873

G. Viktimirova (Г.Ф. Биктимирова)

MODERN INFORMATION SUPPORT FOR QUALITY MANAGEMENT AT
MACHINE-BUILDING ENTERPRISES OF RUSSIA (СОВРЕМЕННОЕ
ИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ НА РОССИЙСКИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЯХ)..... 873

<i>S. Chekardovski, I. Chekardovski, M. Chekardovski (С.М. Чекардовский, И.А. Чекардовская, М.Н. Чекардовский)</i>	
THE METHOD OF ASSESSING THE LEVEL OF PRODUCTION EFFICIENCY (МЕТОД ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА).....	876
<i>S. Kasyanov, L. Safarova, D. Safarov (С.В. Касьянов, Л.Р. Сафарова, Д.Т. Сафаров)</i>	
PLANNING OF PROCESSES OF GENERATION AND RECYCLING OF WASTE BY PREPARATION OF PRODUCTION AUTOCOMPONENTS (ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОРОЖДЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА АВТОКОМПОНЕНТОВ).....	882
<i>S. Kasyanov, D. Safarov (С.В. Касьянов, Д.Т. Сафаров)</i>	
INFORMATIVE MEASUREMENT TO CONTROL THE QUALITY OF AUTODETAILS (ИНФОРМАТИВНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОДЕТАЛЕЙ).....	885
<i>A. Kondrashov, A. Miftakhov (А.Г. Кондрашов, А.Ф. Мифтахов)</i>	
METROLOGICAL MAINTENANCE OF THE MODERN RUSSIAN MANUFACTURER OF AUTOCOMPONENTS (МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ АВТОКОМПОНЕНТОВ)	890
<i>A. Kondrashov, D. Safarov, R. Murtazin (А.Г. Кондрашов, Д.Т. Сафаров, Р.М. Муртазин)</i>	
CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF THE ENTERPRISES SUPPLIERS OF AUTOMOBILE COMPONENTS (УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ-ПОСТАВЩИКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ)	895
<i>T. Nechay (Т.А. Нечай)</i>	
IMPROVEMENT OF OPERATIONAL PLANNING OF SHUNTING WORK ON THE WAYS OF UNCOMMON USE (УЛУЧШЕНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЫ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ)	900
<i>E.V. Pavlov, L.M. Chervyakov</i>	
A STUDY OF COMPOSITE CUTTING TOOLS WEARING OFF DURING TURNING OPERATIONS	905

*S. Shchegoleva, P. Titov, L. Lycheva (С.А. Щеголева,
П.Л. Титов, Л.С. Лычева)*

METHODS OF ASSESSING THE QUALITY OF THE PRODUCT
IN THE TREE- GRAPH MODEL OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS
(МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКТА В ДРЕВЕЩНО-
ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА)..... 905

СЕКЦИЯ 11. РАЗВИТИЕ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ... 911

S. Arykov (С. Б. Арыков)

TOOLS OF CONTROL TASKS IN THE «ASPECT» PROGRAMMING
LANGUAGE (СРЕДСТВА ЗАДАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ЯЗЫКЕ
ПРОГРАММИРОВАНИЯ АСПЕКТ)..... 911

A. Bolshev, N. Belyaev (А.С. Большев, Н.Д. Беляев)

TRAINING OF SPECIALISTS FOR THE ARCTIC OFFSHORE
CONSTRUCTION (ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ МОРСКОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА НА АРКТИЧЕСКОМ КОНТИНЕНТАЛЬНОМ
ШЕЛЬФЕ)..... 914

T. Dmitriyeva (Т.В. Дмитриева)

CHANGES IN THE CONTENT, NATURE AND PEDAGOGIC WORKING
CONDITIONS, AS FACTORS OF CRISIS OF TEACHERS' MOTIVATION
AT HIGHER SCHOOL (ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ, ХАРАКТЕРА И
УСЛОВИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ТРУДА, КАК ФАКТОРЫ КРИЗИСА
МОТИВАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ)..... 919

T. Dmitriyeva, R. Shepeleva (Т.В. Дмитриева, Р.П. Шепелева)

THE "MATH CORE 2": INNOVATIVE AND TRADITIONAL TRAINING
(ПРОГРАММА «МАТЕМАТИКА CORE 2»: ИННОВАЦИОННОЕ И
ТРАДИЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ)..... 924

T. Dmitriyeva (Т.В. Дмитриева)

SOCIAL AND ORGANIZATIONAL CONDITIONS OF THE
PROFESSIONAL ACTIVITY OF TEACHERS IN THE CONTEXT
OF GLOBAL EDUCATION STANDARDS (СОЦИАЛЬНО-
ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ УСЛОВИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ В КОНТЕКСТЕ МИРОВЫХ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ)..... 930

*E. Ezhov, P. Garibin, E. Olkhovik (Е. Ю. Ежов, П.А. Гарибин,
Е.О. Ольховик)*

THE DEVELOPMENT OF POLYTECHNIC EDUCATION IN THE FEDERAL
STATE FINANCED EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER

PROFESSIONAL EDUCATION “ADMIRAL MAKAROV STATE UNIVERSITY OF MARITIME AND INLAND SHIPPING” (РАЗВИТИЕ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ИНСТИТУТЕ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА ФГБОУ ВО «ГУМРФ ИМЕНИ АДМИРАЛА С.О. МАКАРОВА») 935

N. Gagarsky (Н.А. Гагарский)

CREATING A COMPLEX EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC GEODETIC POLYGON "OSTROVNOY"(SCHOOL OF ENGINEERING, FEFU) IS THE KEY TO SUCCESS IN THE DEVELOPMENT OF THE INTEGRATION OF EDUCATIONAL, RESEARCH AND PRODUCTION PROCESSES (СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО УЧЕБНО-НАУЧНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА «ОСТРОВНОЙ» ИШ ДВФУ – ЗАЛОГ УСПЕХА В РАЗВИТИИ ИНТЕГРАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО, НАУЧНОГО И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССОВ)..... 939

S. Golikov, I. Mayorov, V. Urusov (С.Ю. Голиков, И.С. Майоров, В.М. Урусов)

JUSTIFICATION OF THE INTERDISCIPLINARY PROJECT FOR PRESERVATION OF NATURE AT PETROV ISLAND (SEA OF JAPAN) (ОБОСНОВАНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПРОЕКТА ПО СОХРАНЕНИЮ ПРИРОДНОГО ФОНДА ОСТРОВА ПЕТРОВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)..... 945

V. Kryukov (В.А. Крюков)

SOME ERRORS IN THE IDENTIFICATION AND USE OF THE TERMS OF THE THEORY OF MECHANISMS AND MACHINES (НЕКОТОРЫЕ ОШИБКИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕРМИНОВ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН)..... 951

V. Kuzlyakina (В. В. Кузлякина)

MODERN MACHINERY MECHANICS IS THE FUNDAMENTALIZATION BASIS IN THE ENGINEERING EDUCATION (СОВРЕМЕННАЯ МЕХАНИКА МАШИН – ОСНОВА ФУНДАМЕНТАЛИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ) 956

N. Kuznetsov (Н.К. Кузнецов)

ON NECESSARY ENHANCEMENT OF THE LEVEL OF ENGINEERING EDUCATION IN FUNDAMENTAL DISCIPLINES (О НЕОБХОДИМОСТИ УСИЛЕНИЯ УРОВНЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ) 961

T. Nechay, T. Gerasimenko, A. Gerasimenko, V. Roganov

(Т.А. Нечай, Т.А. Герасименко, А.В. Герасименко, В.Р. Роганов)

IMPROVING THE OPERATIONAL PLANNING OF THE SHUNTING
WORK ON WAYS OF UNCOMMON USE (УЛУЧШЕНИЕ
ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЫ
НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ) 965

*V. Petukhov, S. Golikov, I. Mayorov (В.И. Петухов, С.Ю. Голиков,
И.С. Майоров)*

CONSIDERING REGIONAL SPECIFICITY IN TRAINING EXPERTS
IN ENVIRONMENTAL PROTECTION-AND-MANAGEMENT IN THE
SCHOOL OF ENGINEERING (FEFU) AND ENHANCEMENT OF THEIR
COMPETITIVENESS AND INCREASE OF DEMAND IN THE LABOR
MARKET (УЧЕТ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЛЯ
ПОДГОТОВКИ В ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЕ ДВФУ СПЕЦИАЛИСТОВ
В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И
ПОВЫШЕНИЯ ИХ ВОСТРЕБОВАННОСТИ И
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НА РЫНКЕ ТРУДА)..... 970

G. Poleshchuk, V. Rukavishnikova (Г.С. Полещук, В.И. Рукавишникова)

USING THE RELATIONSHIP BETWEEN UNIFIED STATE EXAMINATION
AND MATHEMATICS AT THE UNIVERSITY IN ORDER TO CREATE
ADDITIONAL EDUCATIONAL SPACE (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЯЗИ
МЕЖДУ ЕГЭ И МАТЕМАТИКОЙ В ВУЗЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА)..... 977

O. Portnova, E. Minaeva (О.С. Портнова, Е.А. Минаева)

HIGHER EDUCATION: THE BATTLE BETWEEN EQUALITY AND
MARKET 983

V. Roganov (В.Р. Роганов)

ERGATIC OPTICAL-HARDWARE-SOFTWARE COMPLEXES FOR 3D
IMAGE MODELLING USED FOR TRAINING COMPLEXES
(ЭРГАТИЧЕСКИЕ ОПТИКО-АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ
КОМПЛЕКСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ 3D ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ
ОБУЧАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ)..... 986

A. I. Samsonov, A. A. Samsonov (А.И. Самсонов, А.А. Самсонов)

COURSE PROJECTS (WORKS) ARE AN EFFECTIVE TOOL
FOR STUDY OF TECHNICAL DISCIPLINES ON THE EXAMPLE
OF COURSE WORKS IN SUCH DISCIPLINES, AS SHIP ICS SPP
(КУРСОВЫЕ ПРОЕКТЫ (РАБОТЫ) – ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО

ОСВОЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН НА ПРИМЕРЕ
КУРСОВЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНАМ: СУДОВЫЕ ДВС, АСУ СЭУ).... 991

I. Savchenko, N. Sidorova, I. Repina, V. Timchenko, S. Kuzora

ON NECESSARY IMPROVEMENTS IN ECONOMIC EDUCATION OF
ENGINEERS (О НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ
ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ) 992

S. Shamets, M. Knyazeva (С.П. Шамец, М.С. Князева)

NATIONAL STUDENT CONTESTS IN 2016: EXPERIENCE OF OMSTU
(ВСЕРОССИЙСКИЕ СТУДЕНЧЕСКИЕ ОЛИМПИАДЫ 2016: ОПЫТ
ОМГТУ)..... 999

V. Shantarin, , N. Bezzubtseva, Yu. Zemenkov

NOOSPHERIC ECOLOGICAL IMPERATIVE IN THE CULTURE
OF THE TECHNOCRATIC SOCIETY 1003

T. Shkarina, L. Statsenko, (Т.Ю. Шкарина, Л.Г. Стаценко)

FORMATION OF THE PRINCIPLES OF DEVELOPMENT
OF POLYTECHNIC EDUCATION IN RUSSIA AT THE PRESENT STAGE
(ФОРМИРОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ РАЗВИТИЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ) 1003

E. Shtager (Е.В. Штагер)

THE PRINCIPLES OF DESIGNING AN INTEGRATED MODEL
OF BASIC KNOWLEDGE OF THEORETICAL MECHANICS (ПРИНЦИПЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕЛОСТНОЙ МОДЕЛИ БАЗОВЫХ ЗНАНИЙ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ) 1008

G. Tsitsiashvili, V. Lelyukhin, M. Osipova, O. Kolesnikova

(Г. Ш. Цциашвили, В. Е. Лелюхин, М. А. Осипова, О. В. Колесникова)

ON THE ISSUE OF TRAINING OF STUDENTS OF ENGINEERING
SPECIALTIES ON DISCRETE MATHEMATICS (К ВОПРОСУ О
ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ
ПО ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКЕ) 1012

*I V. Verevkin *, 2 A. Burkov (В.Ф. Веревкин, А.Ф. Бурков)*

POLYTECHNIC ENGINEERING EDUCATION AT MARITIME
UNIVERSITY (ИНЖЕНЕРНОЕ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
В МОРСКОМ ВУЗЕ)

T. Vladimirova, S. Tretyakov (Т.М. Владимирова, С.И. Третьяков)

COMPETENCY APPROACH AND CDIO USED FOR TRAINING OF
BACHELORS WITHIN THE "INTRODUCTION TO ENGINEERING»

DISCIPLINE (ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА И
СДИО ПРИ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ В РАМКАХ ДИСЦИПЛИНЫ
«ВВЕДЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ») 1020

O. Zhuchkov, O. Turikova (O.A. Жучков, O.A. Турикова)

ON THE WAY TO INNOVATIVE ENGINEERING (НА ПУТИ К
ИННОВАЦИОННОМУ ИНЖИНИРИНГУ) 1025

O. Zhuchkov, O. Turikova (O.A. Жучков, O.A. Турикова)

WAYS OF DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGIES (ПУТИ
РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ)..... 1030

СЕКЦИЯ 1. УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ

Zh. Daribaev, K. Kasenov (Ж.Е. Дарубаев, К.М. Касенов)

**Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpayev,
Almaty, Republic of Kazakstan**

THE STUDY CARBON BURNING PELLETS KINETICS PRODUCED FROM INDUSTRIAL WASTE (ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВЫГОРАНИЯ УГЛЕРОДА ИЗ ГРАНУЛ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ)

Аннотация

Многие твердые отходы горнорудной промышленности представляют собой кальцитовые горные породы, которые могут быть исходными сырьевыми материалами в цементной промышленности для получения извести. В настоящей научной статье приводятся результаты исследований по нетрадиционному способу получения извести из хвостов обогащения свинцово-цинковой руды одного из месторождений Казахстана. Получение извести осуществлялось по слоевому обжигу хвостов обогащения. Физико-химические исследования процесса обжига, кинетики выгорания органических составов шихты, показали, что их горение происходит как в кинетической, так и диффузионной области, в зависимости от особенности процесса слоевого обжига сырья.

В настоящее время в Казахстане скопилось огромное количество отходов промышленности, которые исчисляются миллиардами тонн. Эти отходы содержат в своем составе тяжелые металлы, которые по мнениям Всемирной организации здравоохранения по своей токсичности занимают первое место – далеко оставляя позади другие химические элементы и соединения. Многие виды отходов промышленности, такие как хвосты обогащения руд цветных, редких и рассеянных металлов, зола ТЭЦ, шламы и возгоны, из-за их тонкой дисперсности в ветреную погоду загрязняют атмосферу воздуха и с помощью дождевых и снеговых вод загрязняют наземные и подземные источники вод. В этой связи возникает необходимость защиты окружающей среды от загрязнений промышленными отходами путем их промышленной переработки с получением строительных материалов.

Переработка промышленных отходов во многих случаях предполагает высокотемпературный обжиг твердых отходов промышленности. При этом эффективным способом высокотемпературной переработки отходов является метод слоевого спекания отходов с получением пористых заполнителей для легких бетонов. По сравнению с керамзитом – заполнителя для легких бетонов с закрытыми порами, который получают из вспучивающихся природных глин, пористый заполнитель из промышленных отходов имеет ряд преимуществ:

- невозможность использования промышленных отходов в качестве сырьевых материалов для производства керамзита;
- при производстве керамзита во вращающейся трубчатой печи в атмосферу воздуха выбрасываются свыше 50 кг пыли на каждый м³ производимого керамзита, в то время как при производстве пористого заполнителя из отходов промышленности образуются до 10 кг пыли;
- производство пористого заполнителя из отходов промышленности занимает в 2 – 3 раза меньше земельной площади по сравнению с производством керамзита.

При высокотемпературная переработка твердых отходов промышленности кроме внешнего нагрева сырьевых материалов создают условие горения органических составляющих шихты путем введения в состав сырьевой шихты твердых или жидких горючих веществ таких как угольную мелочь или органические отходы производства. При этом следует отметить, что такие горючие добавки в шихту определяют основные параметры обжига промышленных отходов. Поэтому является важным проведение исследований кинетику выгорания твердого топлива в обжигаемой шихте.

Исследование кинетики процесса горения твердого топлива в шихте нами были проведены в два этапа: в первом этапе были проведены исследование процесса выгорания топлива при равномерном подъеме температуры в шихте – от 20 °С до 1000 °С. На втором этапе исследования изучение горение топлива в шихте проводили при фиксированных температурах – начиная от 700 °С до 1000 °С при каждом повышении температуры на 100 °С. Принимая во внимание низкой пластичности исследуемых отходов промышленности, т.е. для исключения размельчения шихты или образования трещин в шихту добавлялись до 3 % жидкое стекло.

В первом этапе проведения исследований осуществлялись равномерный подъем температуры в пределах 30 °С (рис. 1).

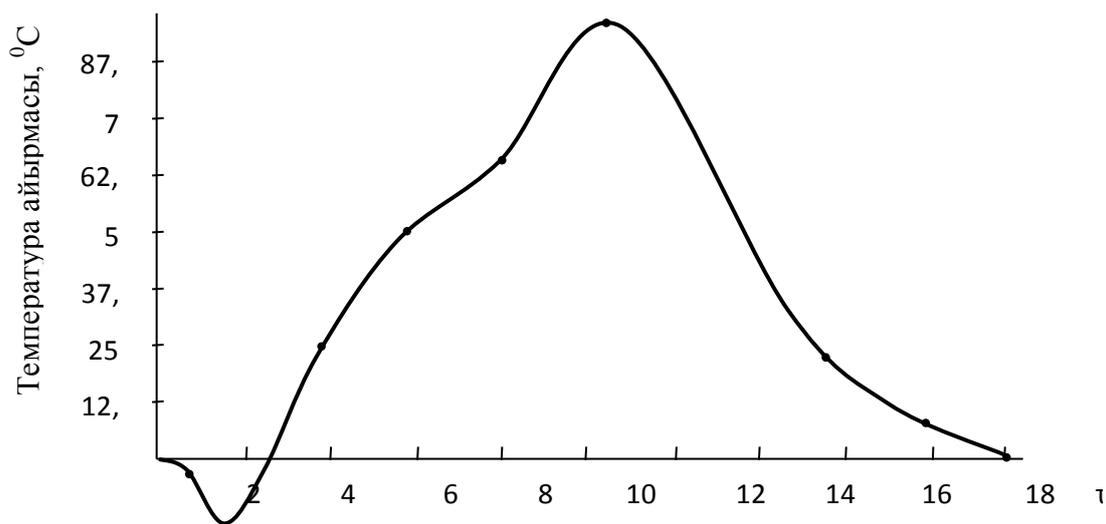


Рис 1. Термограмма обжига в шихты в промежутке температур 20-1000 °С (без добавки твердого топлива)

В этом графике подъем температуры в слое шихты связано выгоранием органических примесей в хвостах обогащения, а появление эндотермического эффекта объясняется испарением воды – при низкой температуре механической поглощенной воды, а при высоких температурах – химической связанной воды. Как видно из рисунка 1, начало горения топлива шихты начинается с 3-ей минуты обжига и продолжительность выгорания при этом составляет 21 минуту.

Для достижения полноты кинетики выгорания топлива при высокой температуре дальнейшее исследование проводились при фиксированных температурах термообработки шихты. На рисунке 2 приведены результаты таких исследований.

При исследованиях кинетики горения температуры термообработка шихты проводились при температурах 700, 800, 900 и 1000 °С. Как видно из этого рисунка, при фиксированных термообработках исследуемых шихт, кроме эндотермического эффекта на термограмме появляется и один экзотермический эффект, что объясняется наличием в хвостах обогащения серы и началом его выгорания.

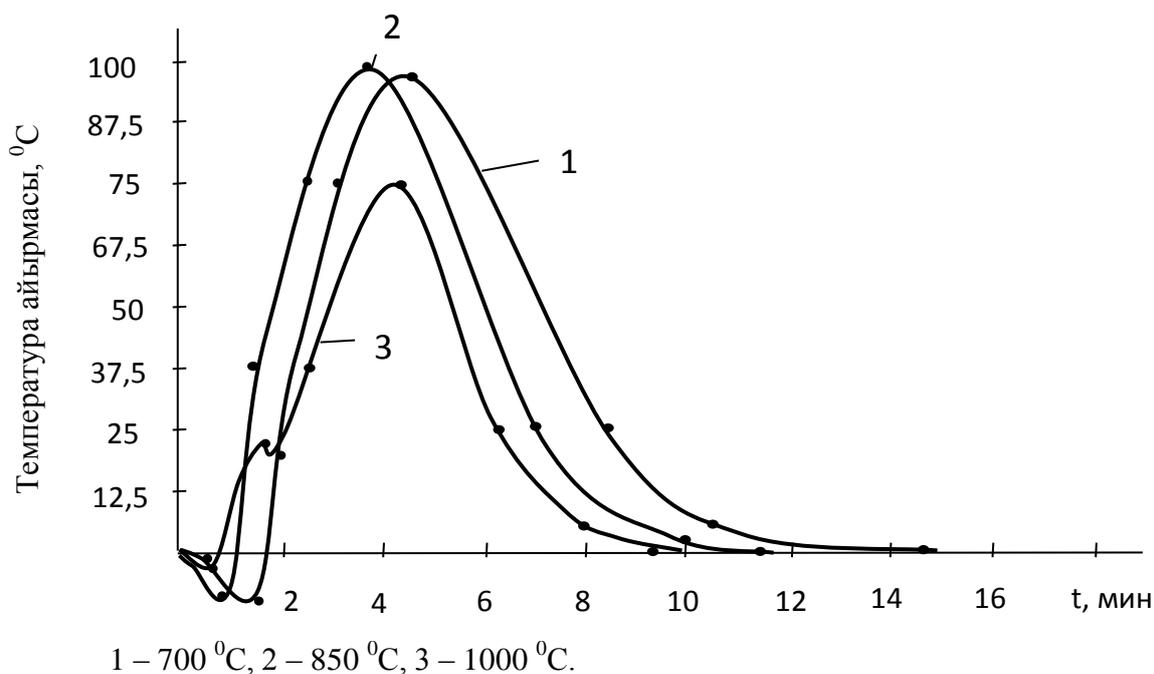


Рис. 2. Кинетика выгорания топлива при фиксированных температурах

Литература

1. Daribayev, Zh.Ye., Kutzhanova, A.N., Shalabayeva, G.S. 2008. Processing of tailings lead ore to obtain agloporite. Poisk. Scientific Journal of Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, №4
2. Daribayev, Zh.Ye., Isayev, G.I. 2009 Kinetic features of heavy metals of water sources on environment. pp: 140.

A. Eskin, N. Tkach, M. Kim, A. Morozova, G. Zakharov (А.А. Еськин, Н.С. Ткач, М.И. Ким, А.А. Морозова, Г.А. Захаров)

FEFU, Vladivostok

THE INFLUENCE OF SPRAYING LIQUID ON THE EFFECTIVENESS OF PRESSURE FLOTATION (ВЛИЯНИЕ РАСПЫЛИВАНИЯ ЖИДКОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАПОРНОЙ ФЛОТАЦИИ)

Аннотация

Одним из способов повышения эффективности очистки нефтесодержащих вод напорной флотацией является распыливание очищаемой жидкости под избыточным давлением воздуха. В работе рассматривается

экспериментальное исследование влияния различных факторов на эффективность абсорбции воздуха и конечную концентрацию нефтепродуктов. Согласно предварительным экспериментам установлена зависимость краевого угла факела центробежных форсунок различной конструкций от давления в напорном резервуаре. Сделан вывод о невозможности использовать тепловой расходомер для измерения количества воздуха поглощаемого жидкостью при насыщении в напорном резервуаре.

Одной из важнейших задач в области рационального природопользования является очистка нефтесодержащих сточных вод, получаемых при работе предприятий различных отраслей промышленности.

Для очистки производственных сточных вод от нефтепродуктов, как правило, используют двухступенчатую схему очистки. Сточные воды с концентрацией нефтепродуктов 1000-5000 мг/л первоначально проходят механическую очистку в тонкослойных отстойниках, затем поступают на физико-химическую доочистку сорбцией или фильтрацией. При прохождении жидкости через тонкослойный отстойник отделяется свободная нефть и нестабилизированные частицы эмульсии диаметром более 10 мкм, при этом концентрация нефтепродуктов снижается до 100 мг/л. При доочистке сорбцией извлекаются стабилизированные частицы нефтепродуктов диаметром менее 10 мкм, а концентрация нефтепродуктов после очистки снижается со 100 мг/л до 0,05 мг/л и менее, что не превышает нормативную предельно допустимую концентрацию для водоемов питьевого назначения. Однако при двухступенчатой схеме очистки приходится довольно часто менять сорбционную загрузку, что повышает эксплуатационные расходы и создает необходимость утилизации большого количества отработавшего сорбента. Снизить нагрузку на ступень доочистки можно за счет добавления в двухступенчатую схему промежуточной ступени предварительной доочистки.

Согласно современным исследованиям напорная флотация является одним из наиболее эффективных способов доочистки нефтесодержащих вод после отстаивания. Использование напорной флотации позволяет снизить концентрацию нефтепродуктов с 1000 мг/л до менее 10 мг/л, что соответствует эффективности очистки более 99% [1]. Использование реагентов позволяет довести эффективность очистки до 99,8%.

Актуальной проблемой в области интенсификации напорной флотации является низкая степень аэрации очищаемой жидкости [2]. Одним из

возможных решений данной проблемы является использование для насыщения напорного резервуара, в котором происходит распыливание жидкости под избыточным давлением [3]. При этом по сравнению с традиционным способом насыщения – барботированием, значительно повышается степень аэрации при одновременном снижении времени насыщения.

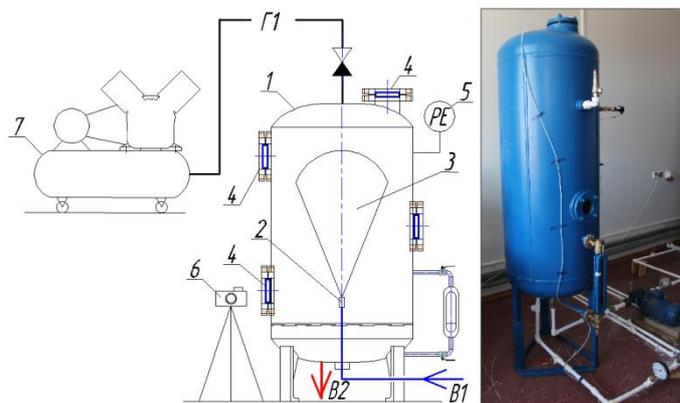


Рис.1. Принципиальная схема и внешний вид экспериментальной установки

1 – Напорный резервуар, 2 – форсунка, 3 – факел распыла,
 4 – смотровые окна; 5 – датчик давления; 6 – фотоаппарат;
 7 – компрессор; B1 – ненасыщенная жидкость; B2- насыщенная жидкость;
 Г1 – сжатый воздух.

Для экспериментального исследования эффективности предложенного способа разработана экспериментальная установка, принципиальная схема и внешний вид которой представлены на рис 1.

Одной из задач экспериментальных исследований является построение полуэмпирической математической модели описывающей процесс насыщения воздухом распыливаемой жидкости. Откликом является количество растворенного воздуха, а наиболее значимыми факторами – давление воздуха в напорном резервуаре, давление, скорость, расход и температура жидкости, средний диаметр капли в факеле, геометрические параметры факела и геометрические параметры резервуара. Как видно отклик является функцией большого числа параметров, некоторые из которых взаимосвязаны между собой. В связи с этим целесообразно провести ряд предварительных экспериментов, которые позволят определить наиболее значимые факторы.

Для повышения количества растворенного воздуха необходимо уменьшить средний диаметр капли, при увеличении времени ее витания. Время витания будет зависеть от соотношения формы факела и габаритов

напорного резервуара. При увеличении диаметра и высоты напорного резервуара время витания капли увеличивается, однако увеличение размеров напорного резервуара нежелательно, так как это приводит к перерасходу металла и увеличению общих габаритов устройства очистки. Таким образом, для проектирования максимально компактного напорного резервуара необходимо знать как форму факела, так и степень влияния времени витания капли на количество растворенного воздуха.

Форма факела определяется, прежде всего, величиной корневого угла, которая зависит от конструкции форсунки и от величины избыточного давления в напорном резервуаре. Величину корневого угла при атмосферном давлении можно подобрать практически любую, используя каталог производителя форсунок, но производитель не предоставляет данные по изменению корневого угла факела в зависимости от избыточного давления воздуха, при котором происходит распыл. Экспериментальное исследование данной зависимости является важной задачей для определения эффективности аэрации.

Эксперимент проходил следующим образом. Жидкость при определенном давлении распыливалась в напорном резервуаре (1). Величина давления в напорном резервуаре задавалась компрессором (7) на основании показаний датчика давления (2). Процесс распыла контролировался визуально через смотровые окна (3) и фиксировался фотоаппаратом (6), установленным на штативе. Полученные фотографии загружались в систему автоматизированного проектирования Autocad, в которой проводилось измерение корневого угла.

Согласно результатам эксперимента избыточное давление существенно влияет на величину краевого угла смачивания. При увеличении давления с атмосферного до 6 бар корневой угол уменьшается с паспортного значения 60° до 40° (рис.2). Уменьшение краевого угла смачивания приводит к тому, что диаметра факела становится меньше диаметра резервуара. Данный факт необходимо учитывать при проектировании напорного резервуара, в котором осуществляется распыливание жидкости. Так же на рис.2 можно увидеть, что с увеличением давления в напорном резервуаре качественно снижался диаметр капель факела. В настоящий момент отсутствует доступный метод количественной оценки степени снижения диаметра капель, получаемых при распыле жидкости под избыточным давлением, поэтому возможно дать только качественную оценку.

Другим важным вопросом является измерение количества растворенного в воде воздуха. Согласно закону Генри теоретическое количество

растворенного в жидкости воздуха увеличивается с 20 мг/л при атмосферном давлении до 60 мг/л при давлении 3 бар. Если при давлении 3 бар распыливать 0,5 м³/час жидкости, то расход воздуха должен составить 300 мг/мин. Для измерения столь малого расхода воздуха возможно использовать тепловой расходомер газа. Таким образом, можно предположить, что по количеству поглощаемого воздуха, измеренного тепловым расходомером, возможно косвенно измерить количество растворенного в жидкости газа при различных уровнях факторов. Однако в условиях реального эксперимента применение теплового расходомера весьма затруднительно.

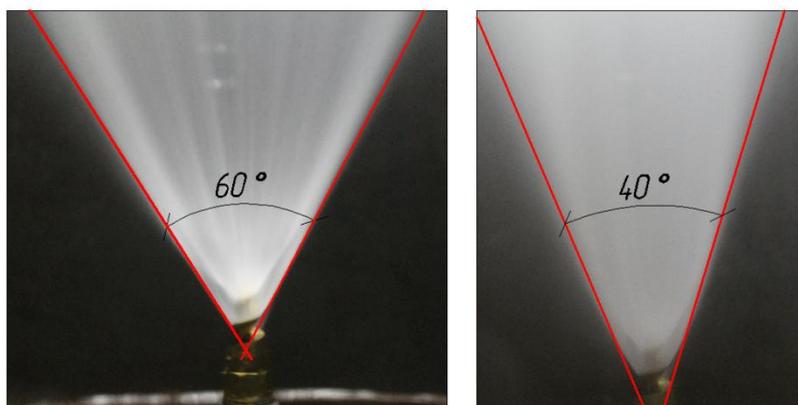


Рис. 2. Сравнение корневого угла форсунки при распыливании под различным давлением. Слева – атмосферное давление. Справа – давление 6 бар.

Изначально сжатый воздух поступает в ресивер компрессора (7), откуда по гибкому шлангу в напорный резервуар (1). Логично предположить, что можно установить тепловой расходомер между ресивером и напорным резервуаром и по его показаниям оценить количество воздуха, поглощаемого распыливаемой жидкостью при насыщении. Однако при распыливании жидкости давление в напорном резервуаре возрастает за счет увеличения объема жидкости в баке, и воздух наоборот поступает из напорного резервуара в ресивер компрессора. Количество поглощаемого воздуха также нельзя оценить по измерению количества воздуха выделяемого из жидкости при понижении давления. Если насыщенную под избыточным давлением жидкость направлять в емкость находящуюся под атмосферным давлением, в крышке которой установлен тепловой расходомер, то помимо самого воздуха выделяемого из жидкости в виде пузырьков на показания расходомера будет влиять воздух, вытесняемый поступающим объемом жидкости. Следовательно, единственным доступным способом оценить количество растворенного воздуха является волюмет-

рический метод, при котором газовая эмульсия разделяется на две фазы с последующим замером объема отделившейся газовой фазы.

Таким образом, на основании предварительных экспериментов можно сделать два основных вывода. С увеличением давления воздуха в напорном резервуаре уменьшается корневой угол факела. Невозможно оценить количество растворенного воздуха на основании косвенного измерения расхода поглощаемого воздуха, для оценки необходимо использовать волюметрический метод.

Литература

1. Saththasivam J., Loganathan K., Sarp, S. An overview of oil-water separation using gas flotation systems. *Chemosphere*, Vol. 144, 2016. P. 671-680. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.08.087

2. Eskin A.A., Zakharov G.A., Tkach, N.S., Tsygankova, K.V. Intensification dissolved air flotation treatment of oil-containing wastewater. *Modern Applied Science*. Volume 9, Issue 5, 2015, P. 114-124.

3. Еськин А.А., Захаров Г.А., Цыганкова К.В., Ткач Н.С. Устройство для очистки нефтесодержащих и сточных вод. Патент России № 155705. 20.10.2015. Бюл.№9.

S. Golikov, I. Mayorov, R. Polkov
(*С.Ю. Голиков, И.С. Майоров, Р.А. Польков*)

FEFU, Vladivostok

**THE ROLE OF ENVIRONMENTAL EDUCATION
IN THE CONDITIONS OF REINDUSTRIALIZATION IN THE SOUTH
OF THE RUSSIAN FAR EAST (РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ
НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РФ)**

Аннотация

Рассматриваются региональные особенности развития политехнического образования в современных условиях. Обосновывается необходимость повышения роли экологического культурного синтеза для повышения востребованности и конкурентоспособности политехнического образования на юге Дальнего Востока РФ.

В начале XXI века в педагогическом процессе становятся преобладающими задачи формирования умения находить решения в ситуациях неопределенности, т.е. подготовка специалистов, умеющих быстро и успешно адаптироваться в сложной обстановке и принимать верные решения в самых неординарных ситуациях.

Актуальные мировые и региональные тенденции определяют, с одной стороны, современные достижения науки, увеличение доли междисциплинарных исследований, развитие и усложнение наукоемких технологий, с другой стороны, оказывают серьезное влияние на изменение роли инженера в высокотехнологичной промышленности и обществе.

Технологические потребности экономики знаний, а также специфика развития территориально-хозяйственных комплексов Дальнего Востока существенно меняют и сам характер инженерного образования, предъявляя к нему новые требования. Исходя из этого, исходным приоритетом в образовании должно быть формирование эрудированной, свободной и ответственной личности, сочетающей профессиональную компетенцию с гражданской ответственностью, обладающей должным мировоззренческим кругозором, нравственным сознанием. Сегодня выпускник должен продемонстрировать не только хорошие профессиональные знания в избранной им области деятельности, но и **иметь политехническое образо-**

вание, чтобы быть способным построить на этом фундаменте новое конкретное знание в соответствии с новыми условиями.

Инженерная школа, являясь продолжателем лучших традиций ДВПИ им. В.В. Куйбышева – ДВГТУ, поддерживая и развивая основные научные направления, связанные с именами известных ученых, внесших значительный вклад в развитие техники и технологии.

Она является крупным научно-образовательным центром Дальнего Востока и Забайкалья, полностью обеспечивая запросы производства этого огромного региона не только в высококвалифицированных кадрах инженерного профиля, но и в решении научно-технических и технологических задач.

Творческими коллективами Инженерной школы создан научный задел для развития этих направлений:

- освоение ресурсов Мирового океана,
- технология обустройства континентального шельфа,
- приборостроение,
- робототехника,
- машиностроение,
- энергетика
- строительство.

В последние годы появились и быстро развиваются новые для Дальнего Востока направления промышленного производства, такие как освоение морских месторождений нефти и газа, магистральный трубопроводный транспорт, переработка природного газа, газификация энергетики и коммунальной сферы региона, автомобилестроение. Реиндустриализация ставит новые задачи по комплексному обеспечению техносферной безопасности в регионе и, следовательно, повышает значимость экологического образования и экологического культурного синтеза.

В подтверждение высокого статуса ДВФУ на его базе более 15 лет проводятся крупные научные и учебные мероприятия молодежные конференции и этапы всероссийских студенческих олимпиад политехнической направленности (рисунок 1).



Рис. 1. География участников олимпиад студентов ДВФУ

Экологизация образования необходимое условие современности, поскольку альтернативе устойчивому экологическому развитию нет. Подготовка специалистов в различных областях знания уже невозможна без того, что принято называть экологическим креном в образовании.

Экологический культурный синтез является важнейшим условием смены парадигмы природопользования в направлении экологически рационального и комплексного использования природных ресурсов, а также – это и способ личности познавать природу и гармонично выстраивать свои взаимоотношения с ней. Он должен стать базовой основой образовательных программ в вузах РФ и может способствовать в поиске приоритетов цивилизационного развития и конкурентных преимуществ национального образования.

В период ускоренного развития Дальнего Востока здесь создан научно-технический и научно-преподавательский потенциал, значительно превышающий потребности региона. Наука и образование на Дальнем Востоке России создавались с учетом перспектив роста с опорой на использование богатого природно-ресурсного потенциала.

Этот потенциал может и должен быть использован для усиления позиций национального образования в региональном и глобальном масштабах, а экологический культурный синтез способен этот процесс облегчить. Для этого необходимо использовать благоприятные предпосылки: глобальные, макроэкономические, географические и исторические.

Специфичной чертой региона является большая толерантность его населения к чужому мировоззрению. Находясь на стыке западной и во-

сточной цивилизации, в основе которых лежат различные взгляды на отношения человека к природе, Дальний Восток России должен с большей осторожностью относиться к традициям прилегающих к ее границам стран.

В ориентированной на практику и активное освоение природных ресурсов западной цивилизации ключевым является христианское воззрение: «Бог создал человека по своему образу и подобию, и в физическом мире нет ничего, что имело бы какую-либо иную цель, кроме обслуживания человека», вследствие этого в ней преобладают дух соперничества и трансформации окружающего пространства. Она вошла в противоречие с фундаментальными законами природы.

Восточная цивилизация основана на признании факта включения человека в природу и следование ее законам.

В перманентном конфликте западной и восточной цивилизаций, Дальний Восток России может сыграть ключевую примиряющую роль. Коренному населению Дальнего Востока и наиболее многонаселенных стран мира (Китай, Индия, Индонезия и др.) присуща общая ментальность, основанная на других приоритетах в культурном, социально-экономическом и экологическом развитии.

О востребованности этого могут свидетельствовать, в частности, результаты встречи молодых исследователей ДВФУ и Университета Тохоку (Япония) «Проблемы эффективности управления природными ресурсами в регионе Северо-Восточной Азии», в рамках которой обсуждались перспективы развития экотуризма на севере Приморского края.

В международных мероприятиях регулярно принимают участие студенты и аспиранты из КНР, КНДР, Японии, Республики Корея, а также государств Средней Азии (Казахстан, Узбекистан, Таджикистан и др.). В работе Международного научного форума студентов, аспирантов и молодых ученых стран АТР, проводящегося с 1996 г. приняло участие более 6 000 молодых ученых, представлявших результаты исследований по направлениям:

- Актуальные проблемы технического образования
- Информационные технологии и компьютерные науки
- Электроника. Приборостроение
- Энергетика. Энергоресурсы
- Автоматизация и управление. Машиностроение. Транспорт
- Механика и математическое моделирование
- Материаловедение и технологии материалов

- Гражданское, промышленное, гидротехническое строительство и технологии
- Защита окружающей среды. Безопасность жизнедеятельности в техносфере
- Кораблестроение и океанотехника. Освоение ресурсов Мирового океана
- Науки о Земле и рациональное использование природных ресурсов
- Архитектура и дизайн
- Инноватика, сертификация, метрология, стандартизация
- Экономические, политические, социокультурные, демографические проблемы научно-технического прогресса

Выводы

1. Особая роль в подготовке кадров в ДВФУ обусловлена нацеленностью в подготовке специалистов:

- необходимых для реиндустриализации региона (особенно в условиях интенсивного развития ТОР и Порто-франко), использования ресурсов территорий и акваторий и сохранения биоразнообразия;
- знающих: региональные особенности Дальнего Востока РФ, его значительный природно-ресурсный потенциал; проблемы особо охраняемых природных территорий и акваторий.

2. Реализация экологизации и политехнизации с применением экосистемного подхода на основе экологического культурного синтеза в образовательном процессе способствует востребованности специалистов имеющих:

- современные знания, отвечающие требованиям реиндустриализации региона;
- навыки в использовании новых технологий для освоения природных ресурсов;
- несомненное преимущество перед специалистами из других регионов.

¹ S. Golikov, ¹ I. Myorov, ² V. Urusov, ² L. Varchenko (С.Ю. Голиков, И.С. Майоров, В.М. Урусов, Л.И. Варченко)

¹FEFU

²Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok

**INTERDISCIPLINARY PROJECTS IN THE FIELD OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT ON THE EXAMPLE OF A PROJECT TO RESTORE SUBCLIMAX POLYDOMINANT FOREST VEGETATION ON THE BANKS OF THE PETER THE GREAT BAY (SEA OF JAPAN)
(МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ПРОЕКТЫ В ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ СУБКЛИМАКСОВОЙ ПОЛИДОМИНАНТНОЙ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА БЕРЕГАХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ))**

Аннотация

Рассматриваются проблемы разработки междисциплинарного проекта в области устойчивого развития по восстановлению субклимаксовой полидоминантной лесной растительности на берегах залива Петра Великого (Японское море) для оценки плотности экзотических видов, их состояния и репродуктивной способности, схемы противопожарного обустройства и вовлечения видов в культуру и определения возможности школ, кафедр, преподавателей и студентов ДВФУ в натуральных работах.

Использование в современном образовании междисциплинарного подхода позволяет интегрировать и переносить достижения различных областей знаний для подготовки специалистов, которые сумеют обеспечить реализацию «зеленой экономики» - наиболее перспективного направления в устойчивом развитии. Для студентов инженерных направлений подготовки междисциплинарный подход поможет в понимании процессов, происходящих в окружающем мире, а также помогающих решению проблем общества и организации и проведении научных исследований. Рассмотрим применение междисциплинарного подхода на примере проекта по восстановлению субклимаксовой полидоминантной лесной растительности на берегах наиболее экономически развитого района на Дальнем Востокеи РФ – залива Петра Великого (Японское море), берега которого подвергались антропогенному прессу в разной степени с очень отдалённых времён.

Общеизвестно, что разрушение хвойных лесов здесь началось ещё до эпохи средневековых государств, что подтверждено изучением спорово-пыльцевых спектров в бухте Бойсмана) и в водосборе р. Богатая и на других реках Южного Приморья. И только с конца XIII в. идёт восстановление

полидоминантных смешанных лесов (Урусов, Варченко, Майоров, 2014) и сосняков пляжей к северу от Голубинового Утёса и в устьях ряда рек.

Самые известные сосново-широколиственные леса к концу XIX в. существовали между Голубиным Утёсом и островком Фальшивый, в бухте Пемзювая, на п-ове Гамов, по р. Пойма, включая её устье, где в 1970-е годы при разработке песка исчезли последние следы береговой рощи сосны густоцветковой, на южных склонах о-ва Русский у бухты Новик, на о-ве Шкота, между ст. Океанская и Седанка (южные склоны). Наиболее сложными были чернопихтарники с кедром, вишнями, липами, диморфантом, мелкоплодником – лианово-грабовые на п-овах Песчаный и Муравьёв-Амурский, а также в восточной части п-ова Трудный и к северу от мыса Поворотный, где и сейчас уцелели кедрово-дубовые леса в микрорайоне Триозёрья, а также широколиственные леса с экзотическими ясенями узкокрылым и густым на о-ве Пулятина. По крайней мере по мыс Брюса, бухту Горностаи и о-в Русский среди экзотов была отмечена берёза железная (или Шмидта), возвращение которой желательно в парки и на морские обрывы у Славянки (здесь это сделать легко) и Владивостока.

Судя по уцелевшему рододендрону Шлиппенбаха в районе Славянки, смешанный хвойно-широколиственный лес был и там и может быть восстановлен в некоторых урочищах. Восстановление сосны густоцветковой, тиса остроконечного, берёзы железной Шмидта, вишни сахалинской, рододендрона Шлиппенбаха, актинидий, девичьего винограда триострённого может быть начато в немногих урочищах, защищённых от пожаров скалами и легко осуществимой системой минерализованных полос. Возвращение пихты цельнолистной перспективно на северных склонах п-овов Песчаный, Муравьёв-Амурский, Трудный, мыс Поворотный. Кедр корейский также восстановим при защите от палов на п-ове Трудный и в зоне Триозёрья. В сумме проект коснётся 1-2% берегового периметра: п-ова Краббе, Гамова, Ломоносова, Песчаный, Муравьёв-Амурский, Трудный, мыс Поворотный, Триозёрье, южный и западный берега о-ва Русский; берега бухт Сивучья и Калевала, мыс Мраморный с дубом зубчатым и пуэрарией дольчатой (Хасан). Мы видим возможность его развития за счёт введения редких видов в парки и скверы городов и посёлков городского типа.

Этапы работ

1. Обследование состояния и разнообразия арборифлоры у Голубого Утёса, в бухтах Сивучья, Калевала, Пемзювая, в зал. Славянский, на

п-овах Песчаный, Муравьёв-Амурский, Трудный, Краббе – на мысах Низменный и Дегера – и Гамова с одноимённым мысом, наконец, в Славянке на мысе Брюса – выборочно, но не менее чем в 30 пунктах.

2. Выявление защищённых от палов урочищ, а также урочищ, требующих самого простого противопожарного обустройства. Сравнительный анализ обследованных урочищ и картографирование перспективных для возвращения хвойных, экзотов и краснокнижных видов.

3. Определение круга организаций и лиц, способных предоставить необходимый посадочный материал, осуществить посадку и охрану.

4. Обследование объектов.

5. Проектирование обустройства и посадки экзотов на скалах и склонах не менее чем 20 урочищ в Хасанском районе, на городских землях Владивостока и Находки, включая п-ова Гамова, Песчаный, Муравьёв-Амурский, Трудный, в Триозёрье.

6. Составление сметы затрат в ценах 2016 г.

Руководители проекта – Голиков С.Ю., к.э.н. и Майоров И.С., к.г.н., – ИИШ ДВФУ.

Исполнители: Урусов В.М., д.б.н., профессор, Варченко Л.И., н.с. лаборатории биогеографии и экологии ТИГ ДВО РАН, молодые учёные ДВФУ, ГТС ДВО РАН, ПГСХА, студенты ДВФУ и Института лесного и лесопаркового хозяйства ПГСХА.

Введение в проблему

Редкая и исчезающая арборифлора берегов и о-вов залива Петра Великого заслуживает внимания как декоративная, целебная, техническая ещё и потому, что отчасти уцелела в нескольких урочищах и в считанном числе экземпляров, которые надо использовать как маточники семян. Исключение – п-ов муравьёв-Амурский, где ещё многочисленны диморфант, вишня сахалинская (Саржента), мелкоплодник ольхолистный, а также п-ов Гамова с его сосной густоцветковой, распространённой на берегах Японского моря от Владивостока по Нагасаки, железной берёзой, подлеском из рододендрона Шлиппенбаха. Раскачивание климата современного отрезка голоцена как раз благоприятно для таких маньчжурско-корейских пород. Их восстановление на прибрежных обрывах и сопках ликвидирует монотонность зимних ландшафтов залива Петра Великого и даст яркие пятна цветов летом (подробней о растительности и климата см. в Приложениях 1 и 2). Мы собираемся проектировать восстановительные работы

только там, где убересть леса и посадки от огня действительно реально. А значит из множества экзотов пока выберем лишь немногие, но перспективные как выдающиеся ландшафты и маточники. Даже для мысов Чуркин и Эгершельд мы пока не планируем рекомендаций по восстановлению хвойных.

Цель исследования

Аннотированный список участков, перспективных для восстановления редкой и исчезающей арборифлоры берегов залива Петра Великого и план их противопожарного обустройства + перечень вводимых на каждом участке пород с указанием источников посадочного материала соответствующих (или родственных популяций) по схеме акад. Ю.Н. Журавлёва – БПИ ДВО РАН – для женьшеня.

Задачи исследований

1. Уточнение списка микроурочищ с хвойными экзотами, где при сбережении от палов возможно восстановление (причём самовосстановление) этих уникальных видов.

2. Уточнение списка микроурочищ с редкими берёзами, дубами, ясенями, вишнями, лианами на предмет их возможной охраны.

3. Определение узлов восстановления и защиты экзотов в конкретных урочищах берегов залива Петра Великого.

4. Картографирование микроурочищ с охраняемыми и восстанавливаемыми видами арборифлоры.

Объекты исследований в объёме проекта (берега залива Петра Великого): рощи азалиевых (рододендрон Шлиппенбаха) сосняков из сосны густоцветковой и береговые валы и скалы, где они были в XIX веке; экосистемы с участием рододендрона Шлиппенбаха, пуэрарии дольчатой, девичьего винограда триостренного; экосистемы с пихтой цельнолистной на территории г. Владивостока и сосной кедровой корейской (кедр корейский) в дальних окрестностях Находки; экосистемы с берёзой Шмидта; рощи с участием диморфанта и мелкоплодника в объёме не менее 1 ед. состава древостоя; экосистемы с доминированием ясеня густого; скал с видами можжевельника, дубов зубчатого и чуждого в зонах зимнеголых лесов к западу от р. Рязановка, а также в Находке и её дальних окрестностях.

Материал и методика: южноприморские леса с хвойными и дубами зубчатым и чуждым и их производные в зоне смягчаемых морем зим со средне-январскими температурами около -10, -12° С и суммами активных температур 2200-3000° С при особо контрастных дневных температурах

инсолируемых склонов. А поэтому экологические оптимумы ксеромезофитов – это южные и западные в особенности крутые склоны, где до антропогенной активности, приведшей к частым палам, преобладали леса из *Pinus densiflora*, *Betula dchmidtii*, ясеней узкокрылого (эндем берегов залива Петра Великого) и густого + рододендрон Шлиппенбаха. Экологические оптимумы мезофитов побережья – теневые склоны, где следует восстанавливать кедр, вишню Саржента, мелкоплодник, виды липы, может быть, *Taxus cuspidata*. Количество особей интересующих пород, их состояние и репродуктивная способность, а для можжевельника твёрдого женский или мужской пол определяются при сплошном пересчёте на территории микрозаповедника (микрорезерваты, если здесь ценен один вид), который картируется с привязкой к географическим реперам или лесоустройственной сетке кварталов.

Узловые пункты исследований: мыс Мраморный, гористое обрамление бухт Сивучья и Калевала; мысы Гамова и Брюса (район Славянки); п-ова Песчаный и Муравьёва-Амурского, включая бухты зал. Уссурийский с пихтой цельнолистной, а также обрывы входных мысы по бухту Муравьиная; п-ов Трудный и район Находки; Трехозёрье, мыс Поворотный.

Ожидаемые результаты: в линейке намеченных задач мы получим аннотированный список не менее чем 20 микроурочищ с конкретными популяциями краснокнижных и особенно перспективных видов в основном древесных растений, их географию, перечень держателей соответствующих земельных участков, плотность экзотических видов, их общую численность в микрозаповеднике, состояние и репродуктивную способность, схемы противопожарного обустройства и вовлечения видов в культуру, адреса возможных исполнителей защитных работ, расчёт требуемого для них финансирования. Будут оценены возможности школ, кафедр, преподавателей и студентов ДВФУ в натуральных работах.

Литература

1. Урусов В.М., Варченко Л.И., Майоров И.С. Введение в экологический кадастр Восточно-Маньчжурских гор (Приморье). Владивосток: ДВФУ, 2014. 214 с.

*A.B. Imetkhenov*¹, *O.A. Imetkhenov*¹, *D. Ganbat*², (*А.Б. Иметхенов*¹,
*О.А. Иметхенов*¹, *Д. Ганбат*²)

¹East Siberia State University of Technology and Management, Ulan Ude;
²The Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

**THE INFLUENCE OF TECHNOGENIC SANDS OF DZHIDINSKY
TUNGSTEN-MOLYBDENUM COMPLEX ON THE ENVIRONMENT
(REPUBLIC OF BURYATIA) (ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКОВ
ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО
КОМБИНАТА (ДЖИДАКОМБИНАТА) НА ОКРУЖАЮЩУЮ
СРЕДУ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ))**

Аннотация

В статье приводятся данные по экологическому состоянию г. Закаменска, связанное с деятельности Джидакомбината, анализируется техногенное загрязнение почвы и вод городской и пригородной зон города и рассматриваются проблемы вторичной переработки отходов обогащения сульфидсодержащих руд. Рассматриваются загрязнение воды р. Модонкуль – Джиды – Селенга тяжелыми металлами в результате добычи вольфрама и молибдена, имеющей прямое отношение к оз. Байкал – участку Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Постановка вопроса

В настоящее время в г. Закаменске Республики Бурятия складывается тяжелая экологическая обстановка, связанная, прежде всего, с деятельностью бывшего Джидакомбината. В хвостохранилищах комбината накопилось 44,5 млн. т. отходов обогащения на площади 12 км². Содержание тяжелых металлов в полигоне техногенных песков, отмечены повсеместно в рыхлых почвообразующих отложениях, почвенном покрове, подземных и поверхностных водах, донных отложениях, атмосферном воздухе, растениях, включая продукты питания (картофель, капуста). Основными элементами загрязнения являются W – превышение ПДК в 80-120 раз, Mo – 2-226 ПДК, Be - 3-80 ПДК, Pb - 2-62 ПДК, Zn 2-20 ПДК [1,3].

Материал и методы исследования

Для более детального изучения состояния основных компонентов природной среды, подвергшихся наибольшему загрязнению, был проведен оценочный анализ состояния почв и подземных и поверхностных вод.

Оценка состояния почв

По результатам эколого-геохимического картирования почв на территории города был выделен комплексный геохимический ореол высоких содержаний элементов 1-3-го классов опасности и потенциально опасных тяжелых металлов: Cd, Pb, Cr, Ni, Co, Cu, Mo, Sb, Mn, W, Sr, V, Be, Ag, Bi. Контрастность аномалий этих элементов в целом усиливается по направлению к хвостохранилищам, свидетельствуя о том, что именно они являются источником загрязнения почв. Состав элементов, обнаруживающих повышенные концентрации в почвах, наследует их состав в техногенных песках хвостохранилищ (табл. 1) [2].

Оценка химического загрязнения почв была произведена по суммарному показателю Z_c , рассчитанному по данным эколого-геохимической съемки с выполнением полуколичественного спектрального анализа проб по формуле: $Z_c = SK_k - (n-1)$,

где SK_k – сумма коэффициентов концентрации элементов-загрязнителей;

n – число элементов, накапливающихся в техногенных аномалиях.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в серогумусовой почве и техногенных песках, мг/кг

Объект	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Cr
Серогумусовая почва	0,5	11	83	26	26	20	391	57
Техногенные пески	42	7500	3160	620	34	44	1500	70
ПДК (ОДК)	0,5	32	110	33	35	50	121	90

Было установлено, что зона загрязнения экологически опасными и высокоопасными элементами с суммарным коэффициентом их концентрации (Z_c) более 32-128 охватывает около половины площади г. Закаменска. Экологическая обстановка на этой территории оценивалась как кризисная и катастрофическая [3]. Площади сильного и очень сильного загрязнения почв оконтуривают Модонкульское и Джидинское хвостохра-

нилища и шлейф снесенных песков, включая и дельтовую часть р. Модонкуль. В центральной части города участки сильного и очень сильного загрязнения в ряде случаев связаны с техногенными песками, которые использовались для строительства гаражей, отсыпки дорог, дворов жилых домов, детских садов и школ. Площади среднего ($Z_c = 16-32$) и слабого загрязнения ($Z_c = 8-16$) находились на периферии ореолов высокого загрязнения. Минимальное загрязнение ($Z_c < 8$) отмечалось для левобережья р. Модонкуль и в бортах ее долины. Помимо антропогенного загрязнения территории в результате использования техногенного песка для промышленных и бытовых нужд, интенсивно осуществляются природные процессы рассеяния материала хвостохранилищ. Среди них получили развитие ветровой разнос, склоновые процессы и деятельность временных и постоянных водотоков.

Наиболее широкое развитие имеет ветровой разнос. В чистом виде он отмечается на склонах долины р. Модонкуль. Суммарный поток загрязняющих веществ с поверхности хвостовых отвалов на территорию г. Закаменска оценивался в среднем в 2300 т/год на 1 км² [1,4]. Плоскостной смыв материала с поверхности хранилища лежалых хвостов направлен в сторону города и проходит транзитом через всю его территорию. Смыв песков с поверхности гидроотвала происходит местами через разрушенную дамбу в пойму р. Модонкуль и далее в р. Джиду. Для него можно предполагать скорость смещения зон загрязнения близкую к таковой для зон загрязнения, формирующихся от хранилища лежалых хвостов. Прекращение производственной деятельности Джидакомбината еще более усугубило критическую ситуацию, поскольку в загрязнении окружающей природы стал участвовать материал гидроотвала.

Оценка состояния водных объектов

Водные объекты, включающие реки Модонкуль, Джиды и впадающие в них ручьи, находятся под воздействием техногенных отходов, образованных в период деятельности Джидакомбината [4]. Наиболее интенсивное воздействие на водные объекты оказывают рудничные воды Холтосонского и Первомайского месторождений. Так, например, рудничные воды поступают в водные объекты из штолен «Западная» и «Северная» и подземным стоком разгружаются непосредственно в руч. Инкур в пределах 17 л/с или 61,2 м³/ч. Следует отметить, что из штолен постоянно поступают значительные количества сульфатов тяжелых металлов Cu, Cd, Ni, Zn, Mo и др., содержание которых по Cu, Zn, Mo превышает ПДК соответст-

венно в 811; 192,7 и 180,5 раза. Вода имеет кислый характер и содержит значительные количества сульфатов (1564 мг/дм^3), что свидетельствует об интенсивном протекании окислительных процессов с извлечением в раствор сульфатных соединений тяжелых металлов. Таким образом, рудничные воды месторождения Холтосон были и остаются мощным загрязнителем поверхностных вод тяжелыми металлами.

Инфильтрационные воды встречаются там, где расположены отходы добычи и переработки вольфрамо-молибденовых руд. Одним из основных загрязнителей являются инфильтрационные воды хвостохранилища, расположенные в пади р. Барун-Нарын (гидроотвал). Воды руч. Барун-Нарын, а также временные мелкие ручейки, протекающие через дамбу хвостохранилища, загрязняют р. Модонкуль вредными веществами. Частично воды инфильтрируются в рыхлые отложения долины. Здесь инфильтрационные воды содержат повышенные количества MHSO_4 (481 ПДК), Fe (170 ПДК), Cu (76 ПДК), Zn (9 ПДК), F (см. табл. 1). Аналогичная картина наблюдается в инфильтрационных водах из под отвалов штолен Холтосона. Здесь воды имеют кислый характер и содержат более высокие концентрации загрязняющих веществ по сравнению с инфильтрационными водами гидроотвала по ПДК (Cu – 545, Zn – 139, Cd – 36).

Результаты и обсуждение

Характеристика экологического состояния города из-за наличия очень опасных и опасных техногенных песков приведена в рисунке 1. В настоящее время принято постановление Правительства о «Ликвидации экологических последствий деятельности Джидинского вольфрамо-молибденового комбината» (2013-2020 гг.). Только за 2013-2015 гг. было предусмотрено выполнение первоочередных мер по ликвидации экологических последствий деятельности Джидаккомбината, где должны были произвести:

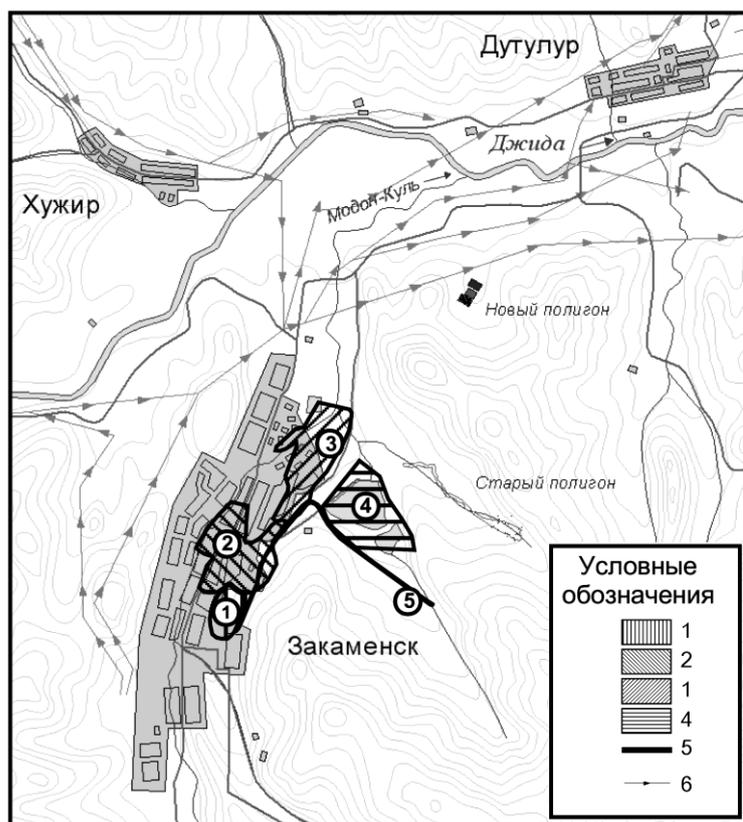


Рис. 1. Карта-схема расположения очень опасных и опасных техногенных песков г. Закаменска:

1 – площадь техногенных песков Джидинского хвостохранилища, контур 1 (23,8 га).

2 – площадь территории жилого сектора г. Закаменск, отсыпанная фабричными отходами (городские пески), уиконтур 2 (56,7 га).

3 – долина р. Модонкуль, занятая техногенными песками аварийного сброса (Модонкульское хвостохранилище), контур 3 (90 га).

4 – площадь территории складированных техногенных песков, рассчитанная для повторного обогащения, контур 4..

5 – линия ограничения очень опасно или опасно загрязненных территорий пригородной зоны г. Закаменск.

6 – линии электропередач

- вывоз техногенных песков хвостохранилища (контур 1), расположенного в черте города за его пределы для сокращения проявляющихся водной и ветровой эрозии (площадь 210 га);

- рекультивация нарушенных земель пригородной зоны и непосредственно в жилых районах города (контур 2) (площадь 170,5 га);

- вынос жилых строений и гаражей с территории рекультивации и выплата компенсаций за сносимые строения населению (контур 2) (площадь 112 га).

К сожалению, из-за неполного финансирования объекта, первый пункт был выполнен частично (освоено 12 млрд. руб.), а 2 и 3 пункты оказались не выполненными.

Выводы

Экологическая обстановка в г. Закаменск и прилегающей к нему территории по суммарному показателю загрязнения почв может быть классифицирована, как удовлетворительная – 18,5%; экологическое бедствие – 25,5%; кризисная ситуация 25%; весьма напряженная ситуация – 30% [1]. Произошло изменение химического типа природных вод от гидрокарбонатного до сульфат-гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного. Продолжается сильное загрязнение рыхлых отложений от лежалых песков, гидроотвала и накопленных техногенных песков аварийных сбросов. Растения на территории города накапливают тяжелые металлы и создаются благоприятные условия для накопления токсичных элементов в пищевых цепях.

Литература

1. Базаров Д.Б., Иметхенов А.Б. Геоэкологические проблемы г. Закаменска // Сб. трудов: конф., посвященная 75-летию БГУ. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ. – 2007. – Ч. 2. – С. 94-101.

2. Доржонова В.О. Фитоэкстракция и фитотоксичность тяжелых металлов в загрязненных почвах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Улан-Удэ, 2013. – 22 с.

3. Иметхенов А.Б., Доржиев Ц.З., Максарова Д.Д., Манкетова А.А. Воздействие техногенных загрязнений Джидинского вольфрамо-молибденового комбината на здоровье детей г. Закаменска (Республика Бурятия) // Вестник БГУ. – 2015. – Вып. 4. – С. 229-236.

4. Смирнова О.К., Плюснин А.М. Джидинский рудный район (проблемы состояния окружающей среды). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. – 181 с.

*S. Kasyanov, L. Safarova, D. Safarov (С.В. Касьянов,
Л.Р. Сафарова, Д.Т. Сафаров)*

**Branch of Kazan Federal University in Naberezhnye Chelny,
Naberezhnye Chelny**

**PLANNING OF WASTE GENERATION AND RECYCLING
PROCESSES IN THE PREPARATION FOR THE PRODUCTION
OF AUTO PARTS (ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОРОЖДЕНИЯ
И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ
ПРОИЗВОДСТВА АВТОКОМПОНЕНТОВ)**

Аннотация

В докладе представлен подход к снижению потерь за счет адекватного планирования при подготовке производства автокомпонента процессов порождения отходов на рабочих местах.

Ключевые слова: отходы, выбросы, загрязнения, планирование, управление отходами.

Согласно действующим российским стандартам технологическая подготовка производства нацелена исключительно на подготовку требований, необходимых для обеспечения заданного качества товарных изделий. Они излагаются в комплектах техдокументации. Внедрение на предприятиях-поставщиках автокомпонентов отраслевой СМК по требованиям ISO/TS16949 [1] вынудило дополнять эти комплекты документами и записями, необходимыми уже для регулирования значений показателей качества.

Однако, одного только повышения качества недостаточно для поддержания долгосрочной конкурентоспособности предприятий. Так, система экологического менеджмента [3] требует поддерживать допустимый уровень воздействия на окружающую среду. В настоящее время основным инструментом управления является выявление объемов уже произведенных выбросов и совершившихся фактов загрязнений с последующим управлением последствиями.

Для минимизации затрат и снижения рисков получения претензий со стороны надзорных органов планирование периодичности и объемов порождения будущих отходов наиболее разумно начинать также на стадии технологического проектирования. Методики придется встроить в структуру проекта подготовки производства и выпуска нового автокомпонента [2].

Введем дополнительное понятие – попутные продукты: твердые, жидкие, газообразные результаты деятельности на рабочих местах при изготовлении товарной продукции, а также излучения. В качестве примера представлен комплекс таких продуктов на станочном рабочем месте (рис. 1).

На I этапе должны быть определены законодательные требования ко всем видам попутных продуктов процесса производства, проведен анализ возможностей предприятия выполнить эти требования и определена предварительная потребность в ресурсах (составлен предварительный план-график работ).

На III этапе проекта в ходе маршрутного проектирования необходимо оценить общую потребность в природоохранных и санитарно-гигиенических мероприятиях.

При разработке технологических операций целесообразно дополнить стандартизованный комплект техдокументации приложениями, в которых отражен весь комплекс необходимых действий. Для каждой операции целесообразно привести расчетные объемы порождения отходов сырья и материалов, а в некоторых случаях – продуктов износа инструментов. Запланировать объемы этих продуктов в цикле сменно-суточного задания. Эта информация становится исходной для последующей разработки процессов их жизненного цикла (технологий сбора, хранения, подготовки к реализации/утилизации, сдачи). Таким образом, этап технологической подготовки не изменяется. Он просто дополняется еще одной отдельной группой работ.

Во многих производственных операциях основную долю отходов составляют продукты, порождаемые в процессе работы оборудования (отработанные смазочные материалы) и периодически заменяемые технологические жидкости (смазочно-охлаждающие, моющие, закалочные и т.п.).

Исходные данные для планирования периодичности и объемов этих продуктов также должны быть сформированы в ходе технологического проектирования. Однако, их невозможно представить в формах собственно технологических документов. Дополнительно технологам придется

разработать карты выполнения заданий на выпуск продукции на рабочих местах. В этих картах удобно представить и работы по обслуживанию оборудования в соответствии с регламентами изготовителя. Далее согласно графикам выпуска продукции на рабочих местах планы-графики этих работ могут быть запланированы на календарный год. Технологии жизненного цикла этих отходов также целесообразно разработать в ходе технологической подготовки производства.

В серийном производстве исходя из регламента технического обслуживания оборудования формируются календарные графики и схемы сбора этих видов отходов. В зависимости от периодичности сбора опять-таки можно разрабатывать технологии их жизненного цикла (сбор, переработка, подготовка к утилизации и т.п.).

Сформирована структура необходимых баз данных для расчета и нормирования работ, а также подготовлены комплекты нормативных документов для разных групп технологий.

Разработан комплекс форм документов и записей для управления отдельными группами отходов. В результате появляется качественно новая стратегия управления отходами: вместо реагирования на уже выявленные факты превышения нормативных показателей и осуществляется своевременное планирование порождения отходов на каждом рабочем месте в конкретные моменты времени. Существенно повышается точность оценки объемов и сроков работ, минимизируется расход ресурсов. Это сулит резкое снижение рисков нарушения законодательных требований. Кроме того, в связи с внедрением систем менеджмента бережливого производства руководство предприятий получает эффективное средство предупреждения потерь, связанных с негативным воздействием на окружающую природную среду. Это позволяет успешно выполнить требования [4].

Разработанные предложения в полной мере встраиваются в методологию управления отдельным проектом подготовки производства и выпуска автокомпонентов силами межфункциональной команды специалистов [2]. Одному из ее участников должна быть поручена разработка технологий работы с попутными продуктами.

Результаты данной работы апробированы на предприятиях-поставщиках автокомпонентов в виде комплектов документации для рабочих мест формообразования деталей на металлорежущих станках и рабочих мест термообработки. Кроме того, путем математического моделирования

подготовлены календарные планы-графики порождения отходов, рассчитаны затраты на их реализацию и подготовку к утилизации.

Очевидно, что широкое внедрение данных предложений неосуществимо без соответствующего программного обеспечения. Следующий этап работы – подготовка технического задания на его разработку.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 16949-09 Системы менеджмента качества. Особые требования по применению ИСО 9001-2008 для организаций-производителей серийных и запасных частей для автомобильной промышленности / Москва, Издательство стандартов 63 с.

2. ГОСТ Р 51814.6-2005 Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов / Москва. ИПК Издательство стандартов 64 с.

3. ГОСТ Р 1400 -2015 Системы экологического менеджмента. / Москва, Издательство стандартов 73 с.

4. ГОСТ Р 5604-15 Бережливое производство. Требования к системам менеджмента. / Москва, Издательство стандартов 28 с.

A. Kholodov, S. Ugay, V. Drozd, K. Golokhvast (А. С. Холодов, С. М. Угай, В. А. Дрозд, К. С. Голохваст)

FEFU, Vladivostok

INFLUENCE OF CEMENT PLANT ON MICRODIMENSIONAL POLLUTION OF THE ATMOSPHERE OF SPASSK-DALNIY TOWN (PRIMORSKY REGION) (ВЛИЯНИЕ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА НА МИКРОРАЗМЕРНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ Г. СПАССК-ДАЛЬНИЙ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ))

Принято считать, что в крупных городах загрязнение воздуха выше чем в малых и люди больше подвержены эколого-зависимым заболеваниям. Стоит заметить, что в малых и средних городах подчас находятся градообразующие предприятия, которые сильно загрязняют атмосферу, что приравнивает эти города к мегаполисам по экологическому состоянию.

Работа посвящена исследованию влияния крупного цементного завода на атмосферную взвесь города Спасск-Дальний (небольшой город в

Приморском крае, население 42 т. чел.) с помощью методов лазерной гранулометрии. Атмосферные взвеси изучались в выпавшем снеге, который собирался в момент снегопадов в январе 2015 г. Точки отбора снега выбирались рядом с предприятиями, крупными улицами и магистралями, а также в парковой зоне.

Атмосферные взвеси изучались в выпавшем снеге, который собирался в момент снегопадов в январе 2015 г. Чтобы исключить вторичное загрязнение антропогенными аэрозолями, был собран верхний слой (5-10 см) только что выпавшего снега. Его помещали в стерильные контейнеры объемом 3 л. Через пару часов, когда снег в контейнерах растаял, жидкость взбалтывали и из каждого образца набирали 60 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Fritsch Analysette 22 NanoTech (Германия).

В большинстве районов города обнаружены частицы менее 10 мкм. Стоит думать, что это микроразмерное загрязнение обусловлено влиянием цементного завода, поскольку этот вид производства сопряжен с мелкодисперсной пылью (Фалалеева Н.А., Фалалеев А.Г., 2010; Дзюба О.В., Парамонова О.Н., 2015). Расстояние от завода до города всего несколько километров, что для такой пыли не является серьезным препятствием. Еще одним подтверждающим фактором служат данные о преобладающих в зимнее время северо-западных ветрах (Бакланов П. Я., Зонов Ю.Б., Романов М.Т. и др., 2000).

Последствия такого загрязнения воздуха потенциально крайне опасны. В медицинской литературе описаны цементозы – заболевания легких, связанные с вдыханием цементной пыли (Elsewefy A.Z., Metwalli O.M., 1970). Пыль вызывает у людей чувство сухости, раздражение слизистых дыхательных путей, боль, кашель, происходит разрастание соединительной ткани лёгкие теряют эластичность, нарушается газообмен.

Также в отдельных районах вероятно влияние и других загрязнителей воздуха: котельной, железнодорожной станции и литейно-механического завода.

В качестве практического вывода данной предварительной работы, необходимо отметить, что нужен контроль за составом атмосферной взвеси Спасска-Дальний и выбросами ряда предприятий.

Литература

1. Фалалеева Н.А., Фалалеев А.Г. Экология шлаковых цементов и бетонов. Изд-во ДВГУ, 2010. 176 с.

2. Дзюба О.В., Пармонова О.Н. Анализ воздействия предприятий по производству цемента на качество воздушной среды Российской Федерации // Международный научно-исследовательский журнал, 2015. №5-2(36). С. 48-49.

3. Бакланов П. Я., Зонов Ю.Б., Романов М.Т. и др. География Приморского края. - 2-е изд. - Владивосток: Дальпресс, 2000. 180 с.

4. Elsewefy A.Z., Metwalli O.M. Clinical, electron microscope and biochemical studies on a case of cementosis in Egypt // Journal of the Egyptian Medical Association, 1970. Vol. 53, Issue 7, 1970, P. 558-562.

*O. Korshenko, A. Korshenko, E. Korshenko (О.П. Коршенко,
А.И. Коршенко, Е.А. Коршенко)*

FEFU, Vladivostok

MARINE LITTER – FEATURES, PROBLEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS (МОРСКОЙ МУСОР – ОСОБЕННОСТИ, ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ)

Аннотация

Рассмотрены вопросы, связанные с проблемами загрязнения морей, океанов и прибрежных территорий отходами различного происхождения, приведены международные и национальные нормативные акты, регулирующие данную проблему, а также, существующие в мировой практике меры и подходы, которые сегодня принимаются для снижения загрязнения водной морей. Приведены результаты мониторинга загрязнения прибрежных районов Приморского края.

Сегодня загрязнение окружающей среды затрагивает не только наземные территории. Значительная часть океанов, морей, озер и рек загрязнена отходами различного происхождения. Наибольшее количество морского мусора накапливается в местах круговой циркуляции течений. Это формирует два аспекта проблемы морского мусора. Первый – загрязнение бухт, заливов, береговой линии разнообразными отходами, отнесенными к морским. Второй – образование в центральной зоне каждого из океанов целых островов из морских отходов, не только загрязняющих

океан, но и создающих серьезные угрозы мореплаванию. Наибольшее из известных мусорных пятен находится в центральной части Тихого океана.

В некоторых населенных пунктах выброшенные на берег отходы занимают целые многокилометровые пляжи [1]. В итоге, это негативно влияет и на экологию, и на популяцию морской и наземной фауны, и на эстетическую привлекательность, и на рекреационный потенциал прибрежных зон.

Мировое сообщество, давно озабоченное проблемой морского мусора, приняло ряд международных и национальных нормативных актов, регулирующих данную проблему. К числу наиболее известных и широко используемых в международном морском праве относятся: Женевская Конвенция об открытом море 1958 г., Лондонская Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов (*Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter*), 1972 г., Конвенция по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (ОСПАР) от 22 сентября 1992 года, Конвенция ООН по морскому праву, посвященная вопросам "Защиты и сохранения морской среды", 1982 г., Международная конвенция по предотвращению загрязнения моря с судов МАРПОЛ 73/78, Конвенция ООН по морскому праву (*Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage*), 1982 г. Это далеко не полный перечень нормативных правовых актов, принятых для недопущения загрязнения водоемов морским мусором. Однако, с течением времени уровень загрязнения океанов и морей только увеличивается. Тех мер, которые сегодня принимаются для снижения загрязнения водной среды, к сожалению, недостаточно. Сотни тонн мусора продолжает дрейфовать в открытых водах, только потому, что люди пренебрегают всеми соглашениями и договорами, подписанными когда-то на международных Конвенциях.

Загрязнение Мирового океана в итоге приводит к генетическим искажениям и даже к вымиранию целых видов морских обитателей, процветанию инвазивных видов, в большинстве своем вредных для человека, подкислению океана, повышению токсичности, шумовому загрязнению. Прибрежный мусор уничтожает места обитания прибрежных видов животных. Морской мусор застревает между винтами и килями кораблей, создавая, таким образом, большое количество проблем в безопасном мореплавании.

Еще одной проблемой в борьбе морским мусором является проблема ответственности и права собственности на морские отходы. Морской мусор по своей сути не принадлежит никому, так как, либо находится в нейтральных водах, либо прибывает к берегу из тех же самых нейтральных вод. Зачастую, обнаруживая большие мусорные скопления на хорошо знакомых нам пляжах, мы имеем дело с отходами, для которых географическая точка их образования находится на расстоянии сотен и тысяч миль.

По своей структуре и свойствам морской мусор имеет ряд особенностей. Во первых, в силу длительного нахождения в активной и достаточно агрессивной морской среде происходит дробление значительной части мусора (древесины, пластика, бумаги, части растительных и пищевых отходов, обрывки сетей, такелажа и т.п.) на мелкие фракции, которые по мере нахождения в воде интенсивно перемешиваются. В итоге, когда эти отходы попадают на берег, их сортировка и разделение на фракции становится крайне неэффективными. Во вторых, большая часть морского мусора, достигающего береговой черты, особенно на акваториях морских портов и в районах высокой промышленной концентрации, загрязнена нефтепродуктами, что существенно ограничивает возможности их дальнейшей переработки и использование в качестве вторичного сырья. Поэтому существующие подходы к обращению твердых бытовых отходов к работе с морским мусором не подходят и должны быть скорректированы.

Хорошо известно [2], что источниками загрязнения океанов и морей на 80 % являются наземные отходы и только на 20 % - отходы с палуб кораблей. Следовательно, основным инструментом борьбы с загрязнением океанов и морей является высокая экологическая культура и социальная ответственность людей, осуществляющих хозяйствование. Однако, в настоящее время повышение экологической культуры населения происходит очень медленными темпами. Увеличение степени загрязнения океана происходит быстрее. Отсюда можно сделать вывод, что необходимы новые подходы ко всей цепочке удаления морского мусора с акваторий и побережий.

Сегодняшняя практика такова, что очистка водоемов от сотен тонн морского мусора осуществляется с помощью специального оборудования механическим способом. Иными словами, плавающие обломки, предметы, бутылки собираются в отсеки небольших специально оборудованных для этой цели плавсредств. Береговой мусор собирается с помощью наземной техники. Пляжные зоны очищаются вручную сотрудниками коммуналь-

ных служб, волонтерами и просто всеми желающими. В том числе и в рамках специально организованных мероприятий и акций. Часто к этой работе привлекаются студенты, школьники – наиболее активная часть населения.

Еще одним эффективным способом, используемым в мировой практике, очистки водоемов является фильтрация. В местах, где реки впадают в моря и океаны, устанавливаются "мусорные ловушки", решетки, первичные отстойники, мембранные элементы, пескоуловители. Они задерживают отходы пластиковых труб, большие бревна, веревки и прочий мусор. Очистные сооружения сточных вод работают в большинстве крупных городов России.

В большинстве регионов Российской Федерации, в том числе и имеющих в своем составе прибрежные территории разработаны, утверждены и реализуются целевые программы обращения с отходами. Даже поверхностный анализ этих программ дает возможность увидеть, что проблемы морского мусора они не затрагивают. Как следствие – проблема не получает должного внимания и финансирования со стороны государственных органов. Только в отдельных субъектах Российской Федерации реализуются отдельные проекты, связанные с мониторингом ситуации с морским мусором. К числу таких субъектов относится Приморский край, где, начиная с 2014 года, проводится мониторинг загрязнений прибрежных акваторий, в том числе тех, которые являются традиционными местами отдыха граждан. Мониторинг проводится по методологии JEAN (Japan Environmental Action Network) в рамках специального проекта «Океан без границ» [3]. Мониторинг охватил 2,7 га побережий Японского моря и дал возможность оценить такой показатель загрязнения, как масса собранных отходов на 100 м² условной площади. Результаты мониторинга приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1

**Результаты мониторинга загрязнения прибрежных районов
Приморского края, (г/100м², %)**

Вид отхода	Масса отходов	Доля, %
Металлические отходы	194	7%
Стеклянные, керамические отходы	469	16%

Текстильные отходы	292	10%
Бумажные отходы	103	3%
Резиновые отходы	281	10%
Отходы пенополистерола	117	4%
Пластиковые отходы	860	30%
Прочие виды отходов	589	20%

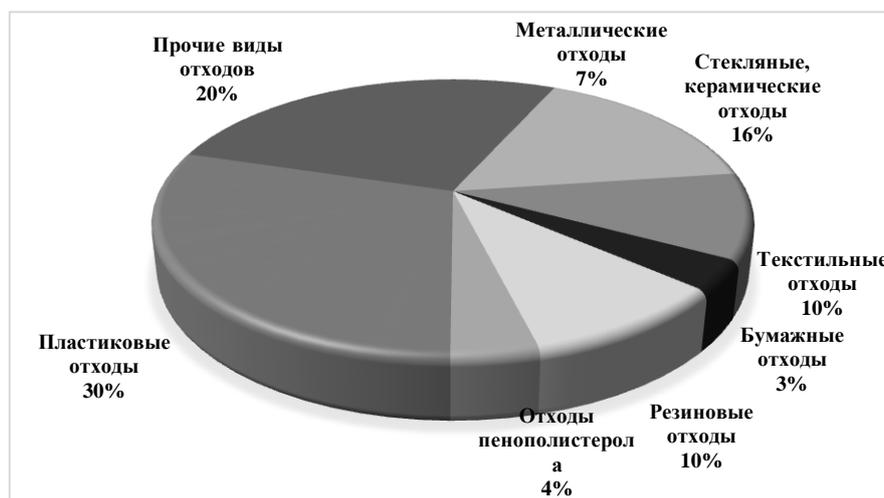


Рис. 1. Распределение видов отходов в общей массе отходов, собранных в береговой черте Японского моря

Из рисунка 1 видно, что наибольшую долю морского мусора составляет пластик. Можно ожидать, что в целом с побережья южной части Японского моря можно извлечь экономически целесообразное для переработки и производства продукции количество отходов пластика.

В ходе мониторинга были обследованы 16 побережий. В среднем на условную единицу площади (100 м^2) пришлось 2,9 граммов мусора. На рисунке 2 приведено распределение морского мусора в наиболее загрязненных бухтах Японского моря.

Наиболее загрязненными являются побережья северной части б. Суходол, район м. Ахлестышева, б. Славянка.

Фактически проблема морского мусора сегодня отдана на откуп общественности и частному бизнесу. Вместе с тем, как показывает практика, без государственной поддержки частный бизнес не видит своего места в решении проблемы морского мусора из-за низкой экономической эффективности отрасли в современных условиях.

Представляется, что только с государственной поддержкой, с включением проблематики морского мусора в целевые программы развития ре-

гионов, представится возможность повысить роль частного бизнеса и его экологическую ответственность.

В Приморском крае, например, это можно сделать в рамках проекта по развитию системы индустриальных парков в сфере переработки отходов. Представляется, что, обладая всеми необходимыми производственными ресурсами, такие парки смогут организовать достаточно экономически эффективный бизнес по переработке такого сложного вида отходов как морской мусор, включив его в материальные производственные потоки.

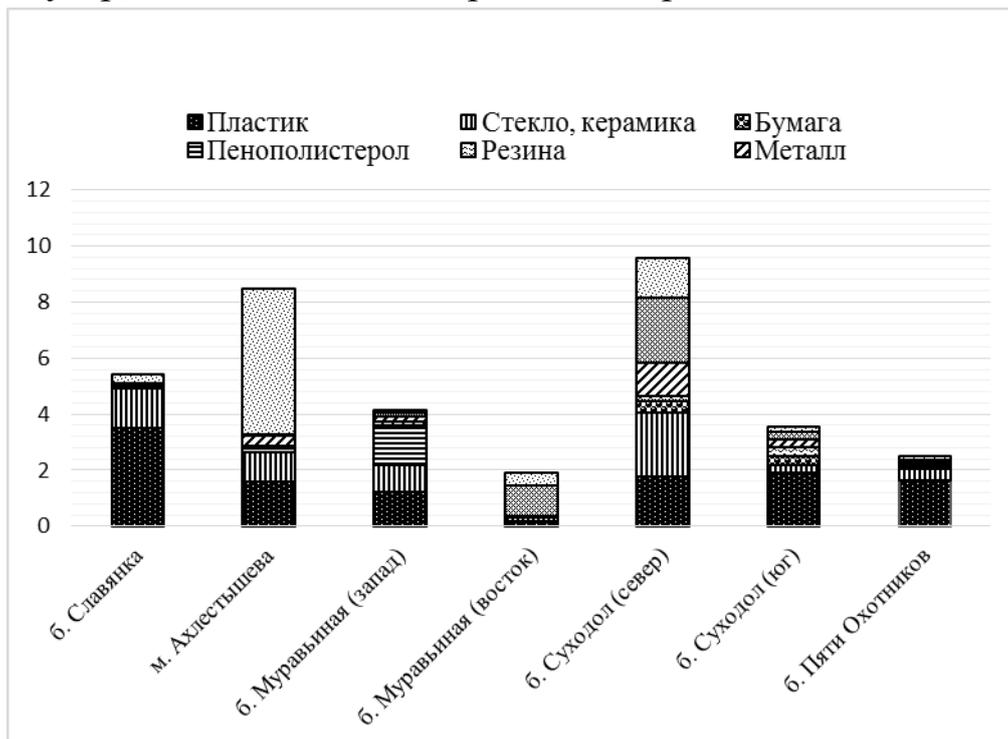


Рис. 2. Загрязнение прибрежных акваторий Японского моря (г/100 м²)

Литература

1. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия (утв. Минприроды РФ 30 ноября 1992 г., действующий). - [Электронный ресурс]. Доступно из URL:<http://www.priroda.ru/lib/detail.php?ID=5179>

2. Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов дальневосточных морей России: отчет о НИР по ГК № 43.634.11.0004/6 (пятилетний 2003-2007 гг.) / Тихоокеан. ин-т геогр. ДВО РАН; рук. Бакланов П.Я.; исполн. Качур А.Н. [и др.]. – Владивосток, 2007. – 220 с

3. Мониторинг загрязненности побережий Северо-западной части Тихого океана морскими отходами искусственного происхождения в 2014 году. Проект «Океан без границ. Владивосток, Дальнаука. 2015

T. Kulagina, V. Kulagin (Т.А. Кулагина, В.А. Кулагин)

Siberian Federal University, Krasnoyarsk

**RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT
(УПРАВЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ)**

Аннотация

Изложены результаты исследований процессов извлечения из хранилищ и отверждения жидких радиоактивных отходов низкого и среднегоуровней активности в неорганические вяжущие (процесс цементирования). Цементирование как технология кондиционирования жидких радиоактивных отходов представляет собой процесс иммобилизации жидких радиоактивных отходов в цементную матрицу с получением твёрдого конечного продукта (цементного компаунда). Показана целесообразность использования эффектов кавитационной технологии, которая позволяет повысить производительность извлечения пульпы (отходов) радиохимического производства и прочность цементного компаунда при выводе из эксплуатации ядерных энергетических установок.

Развитие ядерной энергетики, широкое применение ядерно-физических методов и технологий во многих областях науки и техники привели к образованию нового типа техногенных отходов – радиоактивных с различным уровнем содержания радионуклидов, определяющих степень их опасности. Одним из приоритетов развития техники и технологии РФ [1] является «энергоэффективность, энергосбережение, *ядерная энергетика*», которой соответствует критическая технология – «Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, *безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом*». Хотя количество радиоактивных отходов по сравнению с другими техногенными отходами ничтожно мало (приблизительно 0,5 % от всех промышленных отходов), их специфика требует совершенствования и разработки новых технологий обращения с ними и применения специальных методов обеспечения безопасности для человека и биосферы [2–8].

К особому виду радиоактивных отходов относятся отходы, полученные от переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Они содер-

жат большое количество радионуклидов (в том числе особо опасных), обладающих различными ядерно-физическими, радиационными и физико-химическими свойствами. Проблема заключается в необходимости разработки таких способов обращения с отходами, которые гарантировали бы их безопасность для внешней среды на протяжении всего времени существования радионуклидов [2]. Из-за высокой радиоактивности отходов обращение с ними должно быть дистанционным, в хорошо защищенных конструкциях. Требования безопасности при утилизации отходов установлены в НП 093-14 «Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения».

Несмотря на большое разнообразие процессов переработки ОЯТ, на всех заводах (и на Радиохимическом заводе (РХЗ) ГХК в том числе, строится опытно-демонстрационный центр на Изотопно-химическом заводе (ИХЗ)) принят экстракционный PUREX-процесс, предполагающий использование во всех технологических циклах в качестве экстрагента трибутилфосфат (ТБФ) в углеводородном разбавителе [9–11]. Разные варианты PUREX-процесса отличаются концентрацией ТБФ в экстрагенте, применяемыми разбавителями, выбором восстановителя для плутония, числом циклов очистки и составом оборудования [12, 13]. Наиболее широко используемым в данное время процессом отверждения жидких радиоактивных отходов низкого и среднего уровней активности является включение жидких радиоактивных отходов (ЖРО) в неорганические вяжущие (процесс компаундирования) [14, 15].

При существующей экстракционной технологии переработки ОЯТ (PUREX-процесс) контроль ядерных параметров перерабатываемых материалов осуществляется на всех стадиях процесса двумя способами:

- с помощью периодического химического анализа основных и промежуточных продуктов переработки;
- путем непрерывного мониторинга при помощи измерения потоков тепловых нейтронов, которые возникают как при спонтанном делении, так и при прохождении альфа-нейтроной реакции.

К недостаткам первого способа следует отнести невозможность в реальном времени отслеживать изменение концентрации делящихся материалов (ДМ), которые при проведении химических процессов могут достигнуть критических концентраций; к недостаткам второго – большую погрешность измерения потоков тепловых нейтронов (требуется корректировка по результатам химического анализа). Кроме того, конструктивные

особенности хранилищ-накопителей не позволяют проводить измерения плотности потоков нейтронов при высокой мощности дозы гамма-излучения. В этой связи актуальной является задача усовершенствования приборов и методов определения потоков тепловых нейтронов, которые регистрируют только нейтронные потоки, вне зависимости от гамма-излучения [16].

Другой важной задачей является мониторинг радиационных параметров для обеспечения ядерной безопасности при утилизации шламов и малорастворимых осадков (пульпы), образовавшихся после отстаивания низко и средне активных жидких отходов, которые составляют около 99 % от основной массы и содержат большое количество продуктов деления. Химический метод извлечения осадков полностью себя исчерпал и дальнейшее его применение ведет к снижению коррозионной стойкости хранилищ. Поэтому разработка новых методов контролируемого извлечения пульпы является также актуальной задачей. В этой связи целесообразно использование принципиально иных наукоемких технологий, в частности, эффектов кавитационной технологии, достаточно легко реализуемой, энергоэффективной и в ряде случаев не имеющей альтернативы [17-21].

В предлагаемой работе получены следующие результаты:

1. Разработана принципиально новая концепция прибора для определения и неразрушающего контроля потоков нейтронного излучения в малорастворимом слое пульпы хранилищ жидких отходов ядерно-энергетического цикла, отличающегося применением полимерных детекторов при проведении измерений трековыми дозиметрами и позволяющего регистрировать слабые потоки тепловых нейтронов на фоне помех, созданных мощным гамма-излучением;

2. Предложена методика дистанционного обнаружения малорастворимого слоя пульпы и контроля ядерных параметров, перерабатываемых делящихся материалов, отличающаяся учетом механизма его образования и состава, позволяющая своевременно принимать меры по снижению риска возникновения радиационных аварий при подготовке жидких радиоактивных отходов к переводу их в твердое состояние и окончательному захоронению;

3. Предложен метод деструкции компонентов пульпы при размыве осадков растворами с использованием кавитационно-активированной воды, обеспечивающий увеличение скорости растворения и объемов осад-

ков. Экспериментально установлено, что применение кавитационно-активированной воды позволяет увеличить выход малорастворимых компонентов пульпы до 56,03 % (по Al), и до 60,72 % (по SiO₂) по сравнению с традиционной переработкой (соответственно 35,6 % и 34,39 %). Использование кавитационной технологии при переработке отходов ядерно-энергетического комплекса позволяет равномерно извлекать компоненты пульпы, избегая накопления делящихся материалов и снижая коррозионную нагрузку на конструктивные элементы хранилища;

4. Полученные данные при компаундировании ОЯТ являются дополнением к результатам работ [14, 15] и их логическим продолжением. Таким образом, суммарно получено подтверждение существенного влияния кавитационно активированной воды на характеристики цементного компаунда в процессе его приготовления. Использование эффектов кавитационной технологии целесообразно при утилизации отходов радиохимического производства и приводит к повышению прочности цементного компаунда, а также к улучшению других его характеристик: морозостойкости и скорости выщелачивания радионуклидов из цементной матрицы. Последняя характеристика является одним из основных факторов, определяющих надежность длительного хранения и захоронения радиоактивных отходов.

Литература

1. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации: указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 года № 899.

2. Безопасность ядерного топливного цикла; пер. с англ. М.: ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2002. 196 с. (The Safety of the Nuclear Fuel Cycle. Nuclear Energy Agency Organization Economic Cooperation and Development // Copyright OECD 1993).

3. Ядерная технология / В.П. Шведов, В.М. Седов, И.Л. Рыбальченко и др. М.: Атомиздат, 1979. 536 с.

4. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ); пер с англ. / ред. М.Ф. Киселёв и Н.К. Шандала. М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. 344 с.

5. Радиоактивные отходы АЭС и методы обращения с ними / А.А. Ключников, Э.М. Пазухин, Ю.М. Шигера и др. Киев: Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2005. 487 с.
6. Кузнецов В.М. Основные проблемы и современное состояние предприятий ядерного топливного цикла Российской Федерации. М.: Российская Демократическая партия «Яблоко», 2002. 259 с.
7. Лебедев В.М. Ядерный топливный цикл. М.: Энергоатомиздат, 2005. 305 с.
8. Об использовании атомной энергии: федер. закон Рос. Федерации от 21.11.95 № 170-ФЗ (ред. от 02.07.2013 с изменениями, вступившими в силу 02.09.2013).
9. Кулагина Т.А., Кулагин В.А., Матюшенко А.И. Техносферная безопасность в ядерной энергетике. Красноярск: Изд-во «Гротеск», СФУ, 2014. 286 с.
10. Кулагина Т.А., Козин О.А., Матюшенко А.И. Экологическая безопасность техносферных объектов. Красноярск: Изд-во «Гротеск», 2015. 323 с.
11. Управление промышленными и особо опасными отходами / Т.А. Кулагина, А.И. Матюшенко, О.А. Козин и др. Москва-Смоленск: Изд-во «Маджента», 2010. 480 с.
12. Тананаев И.Г., Мясоедов Б.Ф. Химическое поведение плутония в щелочных отходах: формы существования, редокс-реакции и структурные превращения. М.: Институт геохимии и аналитической химии РАН им. В.И. Вернадского, 2002. 356 с.
13. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 750 с.
14. Кулагина Т.А., Попков В.А. Метод обращения с отходами ядерного топлива в атомной энергетике, Журнал СФУ. Техника и технологии. 2015. 8(2). 198-207.
15. Кулагина Т.А., Попков В.А. Влияние кавитационно активированной воды на характеристики цементного компаунда. Журнал СФУ. Техника и технологии. 2015. 8(3). 362-368.
16. Ляпидевский В.К. Методы детектирования излучений. М.: Энергоатомиздат, 1987. 408 с.
17. Ивченко В.М., Кулагин В.А., Немчин А.Ф. Кавитационная технология; ред. акад. Г.В. Логвинович. Красноярск: Изд-во КГУ, 1990. 200 с.

18. Кулагин В.А. Методы и средства технологической обработки многокомпонентных сред с использованием эффектов кавитации: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск: КГТУ, 2004. 47 с.

19. Демиденко Н.Д., Кулагин В.А., Шокин Ю.И. Моделирование и вычислительные технологии распределенных систем; ред. чл.-корр. РАН А.М. Федотов. Новосибирск: Наука, 2012. 424 с.

20. Демиденко Н.Д., Кулагин В.А., Шокин Ю.И., Ф.-Ч. Ли. Тепло-массообмен и суперкавитация. Новосибирск: Наука, 2015. 436 с.

21. Kulagin V.A., Kulagina L.V., Kulagina T.A. **Nanotechnology Cavitation Effects in the Heat-and-Power Engineering and Other Branches of Production**, Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2008. 1(1). 76-85.

*A. Kurina, A. Burdonov, V. Barakhtenko (A.B. Курина,
A.E. Бурдонов, В.В. Барахтенко)*

National Research Irkutsk State Technical University

**NANO-SIZED OBJECTS INFLUENCE ON BASED-ON-WASTE
CONSTRUCTION MATERIALS PHYSICAL AND MECHANICAL
PROPERTIES (ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ
НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ)**

Аннотация

В работе представлены результаты исследований влияния наполнителей на свойства полимерных композиционных материалов. Показано, что наполнители, представляющие собой минеральный отходы различных производств: теплоэнергетики, металлургии, горно-перерабатывающей промышленности, являются эффективными наполнителями композитов. Материалы при этом обладают высокими прочностными характеристиками. Механизм упрочняющего действия материалов обусловлен, в том числе, наличием в отходах наноразмерных объектов.

В качестве объекта исследования в данной работе выбраны минеральные отходы, представляющиеся перспективными с точки зрения возможности их использования для производства композиционных материалов и возможности выявления наночастиц, а именно слюдяные отходы (вермикулит), перлитовые материалы, мраморная пыль и зола уноса теплоэлектростанций.

Являясь источником негативного экологического воздействия в хвостохранилищах и из-за содержания нанофракций в том числе, данные отходы перестают быть таковыми, если использовать их в качестве сырья для смежных и сопутствующих производств, в которых специфические свойства наночастиц играют положительную роль.

Вид наночастиц в отходах, возможность их получения из отходов, а также их свойства являются в настоящее время предметом изучения ученых, однако до сих пор в большей степени исследования ведутся в направлении получения наночастиц.

Идеей данной работы является поиск наночастиц в исследуемых отходах и возможность установления зависимости между изменением ха-

рактических композиционных материалов, полученных с использованием данных отходов и наличием, видом и свойствами наночастиц, содержащихся в этих отходах.

Таким образом, выполнен анализ известных данных по наличию и видам наночастиц в минеральных отходах. Исследования в данной области в мире находятся в стадии развития. Установлены виды отходов, свойства которых могут определяться наличием в них наноструктур. Установлено присутствие наночастиц в золах угля, коксовой пыли, шламах алюминиевого производства, осадках сточных вод и т.д.

Исследуемые в данной работе зола уноса от сжигания бурых и каменных углей на электростанциях, пылевидные отходы добычи мрамора, отходы слюды также содержат наночастицы, присутствие которых оказывает определенное влияние на свойства самих отходов, а также на свойства получаемых из них композитные материалы.

Это было установлено нами на основании электронной микроскопии частиц отходов, а именно золы ТЭЦ – 7 (ТИ и ТС ТЭЦ-6) – филиал ОАО «Иркутскэнерго». Полученные на растровом электронном микроскопе модели JSM-6469 LV при увеличении порядка 20000 микрофотографии показывают наличие сферических частиц крупностью от нескольких десятков нанометров.

Анализ состава и структуры образцов указывает на то, что природа частиц, с большей долей вероятности - оксиды металлов. Дальнейшие исследования показали, что в отходах, содержащих металлические примеси наблюдаются центры структурообразования, которые создают центры жесткости материала.

С полученными на основе отходов и с применением различных полимеров (поливинилхлорида, полиэтилена, фенолформальдегидных и карбамидформальдегидных смол) материалами проведен комплекс исследований по определению их характеристик. Установлено значительное превышение нормативных показателей, характерных для данных видов продукции. Так отмечается аномальная прочность минерально-полимерных композитов на основе ПВХ, в частности, изготовленная террасная доска имеет ударную вязкость по Шарпи, от 10 до 17, 24 кДж/м², что в 2,85-4,9 раз превышает нормативы для данного вида изделия. Несущая способность составляет 5292 Н/мм, что превышает норматив в 2,65 раза. Твердость по шкале Бриелля равно 200, что выше в 2,2 раза, предел прочности на растяжение –

18,9 мПа, что выше в 2,4 раза, а предел прочности при изгибе 35,93 – 52 Мпа, что превышает нормативный показатель в 1,4-2,1 раза.

На основе комплекса исследований был выявлен механизм упрочняющего действия наполнителей, в качестве которых используются минеральные отходы, который связан с присутствием частиц наноразмеров, определяющих возникновение новой структуры композита.

Работа выполнена в рамках ГЗ № 1118.

Руководитель, д.т.н., Е.В.Зелинская

S. Lavrinenko (С.О. Лавриненко)

**Regional Union of Waste Recycling Enterprises
of Kaliningrad Oblast, Kaliningrad)**

**THE CONCEPT OF ORGANIZATION OF SEPARATE COLLECTION
OF SOLID MUNICIPAL WASTE IN THE KALININGRAD REGION
(КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ТВЕРДЫХ
БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

В свете реформы отрасли обращения с отходами Саморегулируемой организацией Региональный Союз переработчиков отходов Калининградской области подготовлена Концепция организации раздельного сбора твёрдых коммунальных отходов в Калининградской области.

Технологические решения предложенные в Концепции основаны на всестороннем изучении Европейского и Российского опыта организации систем обращения с ТКО. Основные положения Концепции прошли апробацию в Калининградской области и доказали свою эффективность и возможность к реализации. Концепция прошла все этапы общественных обсуждений: трудовые коллективы отраслевых предприятий и педагогических сообществ – отраслевые объединения сферы обращения с отходами – объединения предпринимателей всех сфер предпринимательства – экологические общественные объединения и совещательные органы при органах государственной власти – профильное министерство Калининградской области – Калининградская областная Дума. На всех площадках было получено одобрение и поддержка, а итоговые рекомендации по организации массового внедрения дуального раздельного сбора – на

утилизируемые и не утилизируемые фракции ТКО закреплены в постановлении Председателя Калининградской областной Думы.

2. Продолжается работа по созданию индустриального парка (кластера) по переработке отходов. После неудачного предыдущего опыта, когда несмотря на наличие заключённого соглашения между СРО РСПО КО и Холдинга «Вертолёты России» (Госкорпорация «Ростехнологии») о передаче под индустриальный парк производственной базы ОАО «150 Авиационный ремонтный завод», местные власти выступили резко против проекта. Союз нашёл поддержку у ОАО «Корпорация развития Калининградской области», которая, являясь структурным подразделением регионального Правительства, выступает оператором по созданию в Калининградской области индустриальных парков. СРО РСПО КО предложена перспективная площадка площадью 5 га в индустриальном парке «Храброво». В настоящее время Корпорацией ведётся работа по созданию инженерной инфраструктуры на которой разместятся будущие резиденты.

Благодаря формату калининградского объединения переработчиков отходов в саморегулируемую организацию, нам сразу удалось выполнить практически все требования предъявляемые российским законодательством к индустриальным паркам (кластером). Что при реализации проекта позволит нам получать разноплановую государственную поддержку на развитие производств. Проектом Союза заинтересовался «Газпромбанк», который рассматривает возможность финансирования отходоперерабатывающего кластера. Также Министерство природных ресурсов и экологии Калининградской области выступило с поддержкой проекта, который позволит выполнить требования федерального законодательства о вовлечении отходов в хозяйственный оборот и показатели переработки заложенные в территориальной схеме по обращению с отходами.

Для обеспечения нормальной деятельности членов Союза и участия в подготовке основополагающих документов функционирования отрасли используются различные общественно-политические площадки на которых Союз имеет своих полноправных представителей. Что в свою очередь стало возможным благодаря членам Правления Союза, которые принимают активное участие в работе отраслевого сообщества. Такими площадками являются:

Федеральный уровень: Общественный совет при Росприроднадзоре, Федеральный экологический Совет, Национальный Союз саморегули-

руемых организаций операторов по обращению с отходами, Ассоциация «Союз организаций по обращению с отходами и вторичными ресурсами», Национальная ассоциация спасательных и экологических организаций, ЭКОСПАС.

Региональный уровень: Экологический Совет при Правительстве Калининградской области, Общественный Совет при Министерстве природных ресурсов и экологии Калининградской области, Общественный Совет при Уполномоченном по защите прав предпринимателей в Калининградской области (общественный омбудсмен по ликвидации нарушений прав предпринимателей в сфере экологии и природопользования), Общественный Совет при Прокуроре Калининградской области, Общественный Совет при Калининградском межрайонном природоохранном прокуроре, Комиссия общественного Совета при Управлении Росприроднадзора по Калининградской области. Региональные отделения Российского Союза промышленников и предпринимателей и Торгово-Промышленной палаты Российской Федерации. Отдельно хотелось бы выделить рабочую группу по подготовке территориальной схемы и региональной программы по обращению с отходами при Минприроды Калининградской области, которая стала одним из самых эффективных инструментов по включению предложений отраслевого сообщества в региональные нормативные акты регулирующие сферу обращения с отходами.

Местный уровень: Общественный Совет при Совете депутатов г. Калининграда, Общественный совет по экологии при администрации г. Калининграда, Совет по поддержке малого и среднего предпринимательства при администрации г. Калининграда.

Под руководством Председателя Союза, с 2014 года в регионе реализуется партийный проект «Экология России» партии «Единая Россия», который в 2015 году стал самым результативным среди всех субъектов РФ.

В 2016 году представитель СРО РСПО КО возглавил Комитет по экологии и природопользованию Калининградской Торгово-Промышленной палаты. Эта площадка в отличие от общественно-политических, объединяет исключительно экологов – практиков крупнейших промышленных предприятий и учреждений региона и является авторитетной площадкой для диалога как самих экологов, так и взаимодействия с властями.

*A. Morozova, A. Eskin, V. Chaika (А. А. Морозова,
А. А. Еськин, В.В. Чайка)*

FEFU, Vladivostok

**A STUDY OF THE INFLUENCE OF CENTRIFUGAL PUMP
ON THE SIZE OF THE SIZE OF PARTICLES OF SECONDARY
OIL-WATER EMULSION (ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА НА РАЗМЕР ЧАСТИЦ ВТОРИЧНОЙ
НЕФТЕВОДЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ)**

Аннотация

В работе представлено исследование эмульгирующей способности центробежного насоса при перекачивании вторичных нефтеводяных эмульсий с диаметром частиц менее 10 мкм. Рассмотрен способ определения дисперсного состава нефтеводяной эмульсии с помощью лазерного дифракционного анализатора размеров частиц. Представлены результаты эксперимента по определению влияния циркуляционного насоса лазерного анализатора на дисперсность эмульсии. Согласно полученным результатам при перекачивании вторичной эмульсии центробежным насосом средний диаметр частиц нефтепродуктов уменьшился с 8,3 мкм до 7,3 мкм.

Загрязнение нефтепродуктами поверхностных и подземных вод, является одной из глобальных экологических проблем. Нефтепродукты попадают в поверхностные воды как в результате аварий, так и вместе с недостаточно очищенными сточными водами промышленных предприятий [1]. В связи с этим актуальной задачей является повышение эффективности очистки нефте содержащих вод.

Для проектирования систем очистки важным вопросом является дисперсность нефтепродуктов. В зависимости от степени дробления капелек нефти различают первичные и вторичные эмульсии. Первичные эмульсии содержат капли нефти диаметром более 10 мкм. Эти капли обычно термодинамически неустойчивые и после непродолжительного отстаивания сливаются в более крупные и всплывают на поверхность. При снижении среднего диаметра частиц менее 10 мкм происходит образование устойчивой эмульсии, которая не расслаивается даже при длительном отстаивании [5]. Удалить из воды тонкодиспергированные нефте-

продукты гораздо сложнее, чем грубодисперсные, поэтому следует исключать факторы, способствующие дроблению частиц нефтепродуктов в эмульсии.

В технологических схемах очистки нефтесодержащих вод используют насосы различного типа. В результате воздействия рабочих органов насоса на частицы нефтепродуктов происходит их дополнительное дробление, которое характеризуется снижением среднего диаметра частиц и усложняет их дальнейшее извлечение. Степень дробления зависит от большого числа факторов, основными из которых являются – тип насоса, исходный диаметр частиц эмульсии, частота вращения рабочего органа. В работе [2] исследовано влияние на размер частиц винтового, шестеренчатого и центробежного насосов. До и после насосов отбирались пробы нефтесодержащей эмульсии, затем с помощью микрофотографирования и размерной сетки, определялся средний размер частиц нефтепродуктов и сравнивался с исходным. В результате исследований было выявлено, что наименьшей эмульгирующей способностью обладают насосы винтового типа, а наибольшей – центробежные. Кроме этого эмульгирующая способность насосов возрастает с увеличением перепада давления на насосе. Так, например, с увеличением перепада давления на насосе с 0,02 МПа до 0,4 МПа, средний диаметр частиц дисперсной фазы эмульсии после винтового насоса уменьшился с 73 мкм до 20 мкм, а после центробежного с 65 мкм до 10 мкм.

Целью данной работы является исследование эмульгирующей способности центробежного насоса при перекачивании вторичных нефтеводяных эмульсий с диаметром частиц менее 10 мкм.

Исследуемая эмульсия, состоящая из водопроводной воды и моторного масла API SM/GF-4 SAE 5W-30 с концентрацией 100 мг/л подвергалась интенсивному перемешиванию в течении 3 минут, затем отстаивалась в течении 1 часа, в результате чего концентрация нефтепродуктов снизилась до 35 мг/л. Жидкость после отстаивания перекачивалась центробежным насосом с сухим ротором при перепаде давления 0,4 МПа, при этом в бутылку из темного стекла отбирались пробы объемом 400 мл до и после насоса.

Для определения дисперсного состава эмульсии использовался лазерный дифракционный анализатор размеров частиц Fritsch Analysette 22 NanoТес, предназначенный для измерений размера частиц в диапазоне от 17 нм до 2500 мкм. Действие прибора основывается на явлении рассея-

ния частицами падающего света во всех направлениях с распределением интенсивностей, зависящим от размера частицы [3]. Данный метод измерений дает более надежные и быстрые результаты анализа по сравнению с микроскопическим, поскольку при микроскопическом методе измерению подвергается лишь незначительная часть имеющихся в эмульсии частиц. Кроме того, при микроскопическом анализе эмульсий нельзя избежать ошибок, получаемых вследствие испарения жидкости в тонком слое, а также деформации частиц покровным стеклом [4].

Первоначально был проведен ряд опытов, направленных на определение возможности измерения дисперсности частиц модельной нефтеводяной эмульсии лазерным анализатором. Для этого сравнивались результаты измерения среднего диаметра частиц в «чистой» воде и в нефтеводяной эмульсии после отстаивания. Анализ «чистой» воды показал, что 52,2% частиц, содержащихся в воде, имеют диаметр менее 10 мкм (рис. 1а), в то время как в нефтеводяной эмульсии после прохождения насоса их число возрастает до 70,2 %. (рис. 1б). Из этого можно сделать вывод, что прибор способен фиксировать присутствие частиц масла в жидкости. Вторым выводом является то, что после отстаивания в жидкости практически не содержится частиц нефтепродуктов крупнее 10 мкм, что хорошо согласуется с существующей теорией.

Для подачи жидкости в измерительную кювету анализатор использует насос с регулируемой скоростью. Проведена серия экспериментов по определению влияния насоса анализатора на дисперсность эмульсии. При максимальной скорости количество частиц (со средним диаметром менее 10 мкм) составило 67,9% (рис. 2б), а при перекачивании жидкости самотеком 61% (рис. 2а). Следовательно, насос анализатора дробит нефтепродукты, поэтому для получения объективных результатов, при измерении размера частиц нефтеводяной эмульсии необходимо его отключать.

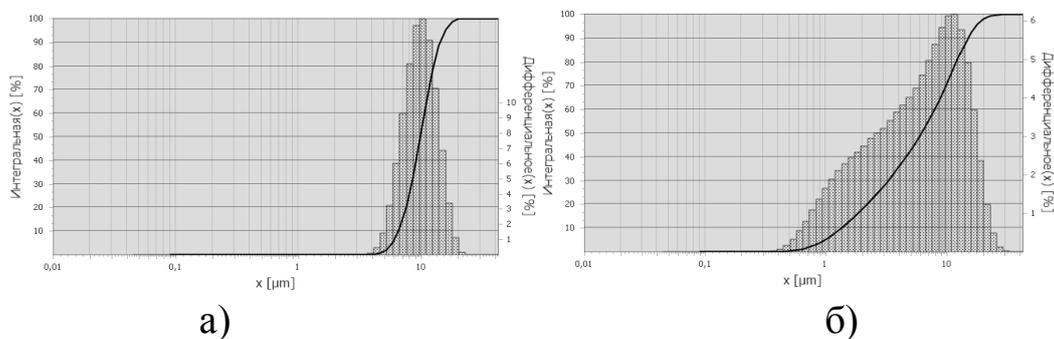


Рис. 1. Кривые распределения частиц в воде:

а – без нефтепродуктов; б – с нефтепродуктами
после центробежного насоса;

Согласно представленной методике проведено экспериментальное исследование влияния центробежного насоса на размер частиц нефтепродуктов, прошедших через него.

По результатам анализа (рис. 1б, 2а) видно, что средний диаметр частиц после насоса уменьшился с 8,3 мкм до 7,3 мкм. В связи с этим можно сделать вывод, что вторичные эмульсии со средним диаметром частиц менее 10 мкм при перекачивании их центробежным насосом дробятся незначительно. В ходе дальнейших экспериментов планируется получить математическую модель описывающую зависимость среднего диаметра частиц нефтепродуктов перекачиваемых насосом от различных факторов – тип насоса, тип нефтепродуктов (мазут, дизельное топливо), скорость вращения рабочего органа, перепад давления на насосе, температура жидкости, начальная концентрация и степень дробления нефтепродуктов.

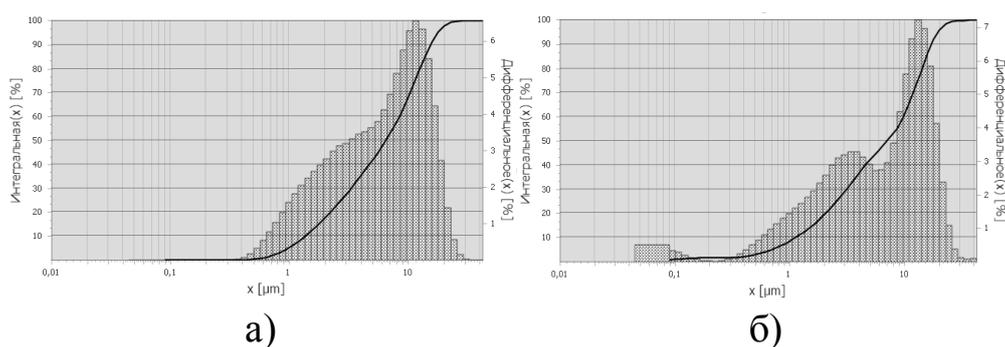


Рис. 2 – Кривые распределения частиц нефтеводяной эмульсии:

а – при перекачивании жидкости самотеком;

б – при максимальной скорости вращения рабочего органа насоса анализатора;

Литература

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/b27/gosdoklad_2015.pdf (Дата обращения: 07.04.2016).

2. Истомин В. И. Предотвращение загрязнения моря нефтью при эксплуатации судов: учебное пособие для студентов высших технических учебных заведений. Севастополь: Издательство Севастопольского национального технического университета, 2003. - 100 с.

3. Инструкция по эксплуатации лазерного дифракционного анализатора размеров частиц Fritsch Analysette 22 MicroTec [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: http://www.fritsch-sizing.ru/uploads/tx_downloads/BA_228000_0001_ru.pdf (Дата обращения: 05.04.2016).

4. Левченко Д.Н. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения. Издательство Химия, 1967. – 200 с.

5. Рулев Н. Н. Гидродинамическое разрушение разбавленных эмульсий масло-вода / Н. Н. Рулев, Б. П. Рященко // Химия и технология воды, 1989. – 11. №8. – с. 695-697.

*V. Mytrin*¹, *U. Pawlowsky*², *K. Alekseev*¹, *A. Nagalli*¹, *A. Kurina*³,
*A. Garaschenko*³, *R. Catai*¹ (*В.А. Мымрин, Ю. Павловски,*
К.П. Алексеев, А. Нагали, А. Курина, А. Гаращенко, Р. Катаи)

¹Federal Technological University of Paraná, Curitiba, Brazil

²Federal University of Paraná, Curitiba, Brazil

³Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia)

INDUSTRIAL WASTE - AGGREGATES OF BUILDING MATERIALS (ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ – СЫРЬЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ)

Abstract

New composites of construction materials were developed and characterized based on ink sludge (IS) waste (50-60 wt.%) in combination with wood

ash (15-30%) and lime production waste (15-25%). IS contains NiO (2.4%) and ZnO (1.1%). The materials uniaxial compression strength reached on the 3rd day 3.9 MPa, on the 7th day 4.8 MPa, and on the 180th day 11.7 MPa. Studies by the XRF, XRD, DTA, TG, SEM, EDS and LAMMA methods explain the strengthening of materials by synthesis of mainly amorphous carbonates. Comparison of leaching and solubility of raw materials with final products show that IS can be successfully used for improvement of the mechanical properties of the developed composites as an environmentally friendly construction material. New materials can be economically attractive because of

only cheap industrial wastes utilization as raw materials. At the end of service as construction material, it can be used as an inert demolition waste.

The objective of recycling and reutilizing of solid wastes is to use raw materials more completely, thus minimizing pollution problems and treatment costs [1]. The treatment of water for human consumption normally generates a great amount of wastes in the form of sludge. The common practice is their discharging directly onto the soil as landfills [2]. There is an extensive scientific and technical literature on environmental and economical methods of ink waste sludge reuse often based on the sludge utilization as raw materials for ceramics production [3, 4]. In accordance with the classification of Dondi et al [5], industrial sewage sludge was attributed to the category of fluxing and plastifying wastes.

Many alternatives have been studied and developed for industrial and municipal wastes utilization [6]. The Civil Engineering Department of the Federal Technological University of Paraná, Brazil, has wide experience in this field. New composites and technologies were developed for 77 types of industrial rejects utilized as raw materials. Among them, galvanic sludge recycling into ceramics [7], utilization of concrete rejects [8], different types of ashes, metallurgical slag etc [9].

This research proposes alternatives for the reutilization of ink waste. This solution will allow the improvement of ink waste management, minimization or prevention of environmental pollution and reduction of final production costs.

Therefore, objectives of this research were the next:

1. Study of the possibility to utilize ink waste as a raw material for civil construction;
2. Study the physicochemical processes of new composites' structure formation for optimizing their mechanical and chemical properties;
3. Develop waste less technologies or to adapt current ones for production of new composites at laboratory level.

These objectives are in line with the 3-rd paragraph (Less Chemical Syntheses) of the Twelve Principles of Green Chemistry: "Wherever practicable, synthetic methods should be designed to use and generate substances that possess little or no toxicity to human health and the environment" [10].

1. The results of this research demonstrate that industrial sludge of ink waste from decorative paper production can be used as the main raw material component (50-60 wt% without drying and sintering) for manufacturing environmentally safe bricks and blocks.

2. Obtained materials have rather high values of mechanical properties: uniaxial compression strength of up 11.68 MPa after 180 days of the materials hydration and strengthening, water resistance coefficient on the 28th day of up to 0.83, water absorption value 8.21% and very little dilatation values – less than 5%.

3. It was determined by a complex of complimentary methods (XRD, DTA, TG, SEM, EDS, LAMMA) that these mechanical properties of the construction materials from the three types of industrial wastes are explained by the following processes: the complete dissolution of aluminum oxide Al_2O_3 and almost complete dissolution of calcium silicate (Ca_2SiO_4) in alkali medium of TSs; the complete carbonization of portlandite $Ca(OH)_2$; and the synthesis of primarily amorphous and partly crystal lattices of calcite $CaCO_3$ and dolomite $CaMg(CO_3)_2$ with perfecting of their crystalline structures during their hydration. All these processes of chemical interactions of the initial components occur in aqueous alkaline medium with reducing of the TSs porosity and forming the monolithic structure of new materials with the above listed mechanical properties.

References

1. Leite BZ, Pawlowsky U. Methodology for waste minimization. Brazil Foods. Year III, 14, Sao Paulo, 2002; 31-6.

2. Richter CA. Treatment of sludge from wastewater treatment plant. Edgard Blücher Ltda, 2004, San Paulo.

3. Smith PIS. Recycling waste. New York, Sholium International Inc., 1976.

4. Vieira CMF, Monteiro SN. Effect of grog addition on the properties and microstructure of a red ceramic body for brick production. ConBuildMat., 2007;21: 1754-9.

5. Dondi M, Marsigli M, Fabbri B. Recycling of industrial and urban wastes in brick production: a review (Part 2). J. Tile & Brick International 1997; 3(4):302-9.

6. Fabbri B, Recycling of industrial and urban wastes in brick production: a review (Part 2). Tile Brick Intern, 1997; 13(4):302-9.

7. Borgo SC, Mymrin V. Galvanic processes wastes recycling for producing of ceramic materials. Res Conser Recyc, 2007; 38:137. doi: 10.1111/j.1540-4560.

8. Correa SM, Mymrin V, New construction material from concrete production wastes and lime production waste. *ConBuildMat* 2007, 21:578-2. doi:10.1016/j. conbuildmat.2012.02.075

9. Mymrin VA, Industrial and municipal wastes utilization as economical and environment efficient raw materials. <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/mymrinev> (2012).

10. Anastas PT, Warner JC. *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press: New York, 1998.

*V. Mymrin*¹, *U. Pawlowsky*², *K. Alekseev*¹, *A. Nagalli*¹, *A. Kurina*³,
*A. Garaschenko*³, *R. Catai*¹ (*В.А. Мымрин, Ю. Павловски, К.П. Алексеев,*
А. Нагали, А. Курина, А. Гаращенко, Р. Катаи)

¹Federal Technological University of Paraná, Curitiba, Brazil

²Federal University of Paraná, Curitiba, Brazil

³Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia)

MANUFACTURE OF CERAMIC PRODUCTS FROM THE WASTE (ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ИЗ ОТХОДОВ)

Abstract

The use of industrial wastes, especially of hazardous wastes, to substitute traditional natural raw materials is one of the most urgent problem to prevent environmental tragedies on our planet. This paper experimentally confirms that one of the most hazardous industrial waste from the steel-making process, i.e., electric arc furnace dust (EAFD), can be used as a valuable component in composite ceramic production, which uses other industrial wastes, such as foundry sands, galvanic glass microspheres and acid neutralization salt. The total percentage of industrial waste used as raw materials reached 85%. Only a small amount of a traditional brick factory's clay-sand mixture (15 – 25%) was used to produce the ecologically safe ceramics. All of the wastes that were used as raw material contained varying amounts of heavy metals in quantities that greatly exceeded the sanitarium norms.

Electric arc furnace dust (EAFD), which is created during the steel-making process, is one of the most hazardous industrial wastes because it contains extremely high quantities of extremely dangerous heavy metals: Zn, Ba, Cd, Pb,

Cu, Cr, Hg, Se and As [1]. The amount of EAFD emitted by crude steel production is on the order of 2 wt.% [2]. The chemical composition of EAFD typically includes 22-40% Zn, 0.03% Ni, 3.0% Pb, 0.25% Cu, 0.12% Cr and 0.08% Cd, and in smaller quantities, contains Hg, As, Cl, and F [3], which are simply disposed at landfills (60%). The annual EAFD production is approximately 5 mln tons, which contains nearly 1 mln tons of zinc [3]. The cost of EAFD disposal in the USA is \$200 mln per year, which includes the process of zinc concentrate production [4]. Metal and carbon dust of EAFD can be recycled to produce pellets to prevent air pollution and for briquette combustion and sintering of iron ore [5]. Several studies [6] have shown that during certain manganese EAFD recycling processes, the overall zinc input can increase by 51-143%.

The objectives of this study are to develop new composites made from steel-made EAFD, spent foundry sand (FS), rejected galvanic glass (GG) and salt from acid accumulator neutralization (SAN) to create ceramics with good mechanical and chemical properties, to study the physicochemical processes of structure formation of the ceramics and optimize the technology of their production at a laboratory level. Used at the industrial scale, the results of this study would help decrease ecological problems of industrial regions and prevent nature destruction by quarries of natural resources.

These goals coincide with the 3rd paragraph (Less Hazardous Chemical Syntheses) of the Twelve Principles of Green Chemistry: “Wherever practicable, synthetic methods should be designed to use and generate substances that possess little or no toxicity to human health and the environment” [7].

The extensive use of these methods allowed to investigate the characteristics of the raw materials, to develop the ceramics’ compositions and to study the physical and chemical processes of their structures formation.

It was demonstrated experimentally that hazardous EAFD in composites with other industrial waste and with adding a small amount (15 – 30 wt. %) of a mixture of two natural materials (clay and sand) can be used to fabricate environmentally friendly ceramic materials, such as bricks, blocks, etc. Their mechanical properties exceeded the national Brazilian norms by more than three times. Almost complete (till 85%) replacement of natural raw materials with hazardous industrial wastes could significantly improve (32 - 46%) the flexural strength and others mechanical properties of the ceramics. It occurred mainly due to very low melting points of heavy metals (Sn, Pb, Zn, etc.), which enhances their mechanical properties. The results of the ceramic structure

formation explained these properties by a synthesis of vast number of glassy areas with complete dissociation of illite $[KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2]$, halite NaCl, magnetite Fe_3O_4 and cristobalite SiO_2 , with remains of hematite Fe_2O_3 , thenardite Na_2SO_4 and quartz SiO_2 and synthesis of mullite $Al_6Si_2O_{13}$ and anortite $[Ca(Al_2Si_2O_8)]$. Such processes were possible due to the high content of heavy metals in the EAFD and the other initial components (industrial wastes), which effectively served as fluxes to reduce the melting points of the initial mixtures, which formed large amounts of glassy structures after cooling. Leaching and solubility tests of the developed ceramics showed strong chemical binding of heavy metals and the transformation of the initially hazardous mixtures of industrial wastes into environmentally friendly construction materials. Thus, the use of hazardous industrial waste enhances the ceramics properties and improves the quality of environment. Being widely used on an industrial scale, the developed compositions could provide a large positive environmental impact, particularly in the industrialized regions of the world, which would prolong service life of industrial landfills and essentially reduce the exploitation of natural raw materials.

References

1. A. Muszer, Mineralogical characteristics of metallurgical dust in the vicinity of Głogów, *Physicochem. Probl. Miner. Process.* 38 (2004) 329-340.
2. C. Chi Gedu, J. Kempken, A. Ploch, W.Pluschkell, Numerical simulation model for exhaust gas transportation of dust in the BOF Steel research. 66 (1995) 8, 341-348.
3. A. Woollett and P. Minet, EAFD Recycling - a new source of pig iron, *Intern. Pig Iron Ass.* (2007) http://www.metallics.org.uk/PDF_library/EAFD%20Recycling.pdf
4. R.Z. Al-Zaid, F.H. Al-Sugair, A.I. Al-Negeimish, Investigation of potential uses of electric arc furnace dust (EAFD) in concrete, *Cem. Concr., Res.* 27 (1997) 267-278.
5. Y. Miyoshi, Y. Mogi, H. Saima and K. Takagi, Method for reforming exhaust gas generated from metallurgical furnace, method for cooling exhaust gas and apparatus therefore, US patent (2008) CA2765201 A1.
6. R. Shen, Z. Guangqing, M. Dell'amico, P. Brown, and O. Ostrovski, Characterization of Manganese Furnace Dust and Zinc Balance in Production of Manganese Alloys, *ISIJ Intern.* 45 (2005) 9 1248-1254

7. P.T. Anastas, J.C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press: New York, 1998.

A. Ponomareva, D. Stom, R. Kochetkova, D. Taran, M. Tolstoy
(*А. Л. Пономарева¹, Д.И. Стом^{2,3,4}, А. Ю. Кочетков⁵, Р. П. Кочеткова⁵,
Д. О. Таран², А. Э. Ржечицкий⁴*)

¹Somov Institute of Epidemiology and Microbiology,
Vladivostok, giston@list.ru

²Irkutsk State University, Irkutsk, stomd@mail.ru

³Baikal Museum of the Irkutsk scientific center SB RAS, Listvyanka

⁴National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk

⁵ОАО «NPO Kataliz», Angarsk), kataliz@katrise.ru

**INTENSIFICATION OF PURIFYING OF MODEL WASTE WATER
CONTAINING OIL, WITH THE HELP OF “CATAN” CATALYSTS
(ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОЧИСТКИ МОДЕЛЬНОЙ СТОЧНОЙ
ВОДЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ НЕФТЬ, С ПОМОЩЬЮ
КАТАЛИЗАТОРОВ ТИПА «КАТАН»)**

Аннотация

Изучали влияние гетерогенных металлокомплексных катализаторов типа «Катан» на очистку нефтесодержащих вод активным илом. Катализаторы, особенно kat 525, и без активного ила элиминировали нефть, как из модельных, так и реальных сточных вод. Катализаторы kat 525 и kat 524 снижали и ХПК нефтесодержащих сточных вод. По данному показателю kat 525 оказался также более эффективным, чем kat 524. Но наибольшее понижение ХПК наблюдали в системах, где одновременно присутствовали и активный ил, и катализаторы типа «Катан». Таким образом, совместное использование катализаторов типа «Катан» и активного ила значительно увеличивало скорость удаления нефтепродуктов и качество очистки нефтесодержащих сточных вод.

Загрязнители, находящиеся в сточных водах предприятий нефтеперерабатывающей промышленности, с трудом поддаются элиминированию. Сложности очистки нефтесодержащих сточных вод связаны с чрезвычайным разнообразием примесей и повышенной устойчивостью некоторых углеводородов нефти и их производных [2]. Поэтому интенсификация очистки сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей промышленности является весьма актуальной проблемой. В связи со сказанным, целью настоящего исследования стало изучение способности катализато-

ров серии «Катан» интенсифицировать процессы биологической очистки вод, содержащих нефть.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись полифункциональные гетерогенные катализаторы kat 524 и kat 525 серии «Катан» производства ОАО «НПО Катализ» [1]. В катализаторах kat 524 и kat 525 в роли носителя использовали полиэтилен высокого давления, а в качестве активной основы – комплексы ионов металлов переменной валентности Mn(II), Fe(II), Co(II), Ni(II) и Cu(I) [6]. Активный ил брали из правобережных биологических очистных сооружений г. Иркутска. До эксперимента ил выдерживали в течение суток в искусственной сточной воде стандартного состава [5]. Как при адаптации ила, так и во время опытов, поддерживали температуру 20 °С и аэрировали при соотношении воздух/вода 1 к 8. Аэрацию производили при помощи лабораторных микрокомпрессоров (Dezzie, модель D-044). К модельной сточной воде добавляли 0,01% нефть (Марковское месторождение Иркутской области). Из промышленных нефтесодержащих стоков брали сточные воды с нефтехранилищ и нефтехимической площадки ОАО АНХК «Роснефть». Для наибольшего контакта поверхности катализатора с реакционной смесью его устанавливали по центру модельного аэротенка. В качестве последнего использовали цилиндр вместимостью 1 дм³. К цилиндру подводилась система аэрации, состоящая из силиконовых и полых стеклянных трубок перфорированных внизу [5]. Эксперимент шел в течение 24 часов. Во время опыта фиксировали химическое потребление кислорода в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.100-97. Для количественного анализа нефти использовали флуориметрический метод (ПНД Ф 14.1:2:4.128-98).

Результаты и их обсуждение

При изучении интенсивности очистки модельных сточных вод от нефти было выявлено следующее. Даже без присутствия активного ила катализатор kat 525 при 24-часовом инкубировании способствовал снижению уровня нефти в пробе на 84%. Подчеркнем, что падение уровня нефти в этом случае было выражено даже сильнее, чем в варианте – активный ил, но без добавления катализаторов. Только под влиянием активного ила концентрация нефти за это же время снизилась лишь на 51%.

Минимальное содержание углеводородов нефти (12 % от исходного) в модельной сточной воде в конце опыта фиксировали при совместном

действии активного ила и катализатора kat 525. Концентрация нефти в среде при добавлении kat 524 без активного ила практически не изменялась и понизилась только на 16%.

Таблица 1

Концентрация нефти в модельной сточной воде до и после 24-часового инкубирования

Проба	Нефть (мг/дм ³)
Исходное содержание	1,00±0,15
Модельная сточная вода	0,92±0,23
Модельная сточная вода + активный ил	0,49±0,07
Модельная сточная вода + катализатор kat 524	0,84±0,21
Модельная сточная вода + катализатор kat 525	0,23±0,08
Модельная сточная вода + катализатор kat 524 + активный ил	0,35±0,12
Модельная сточная вода + катализатор kat 525 + активный ил	0,12±0,04

Анализ изменения ХПК выявил, что наибольшая степень очистки модельной сточной воды с добавлением 0,01 % нефти наблюдается в присутствии активного ила и катализатора kat 525. К концу эксперимента этот показатель уменьшился на 82,7 % (от 116,1±14,5 до 20±8,53 O₂мг/дм³). Активный ил без катализатора снижал ХПК только на 47,8 % (до 60,6±11,7 O₂мг/дм³).

Понижение содержания нефти в системе модельная сточная вода + катализатор kat 524 или kat 525 составило 16 и 77%, соответственно, при добавлении активного ила концентрация уменьшилась на 65 и 88%, соответственно. Без использования катализаторов этот же показатель уменьшился на 51%.

Сходная картина наблюдается и при анализе ХПК. Понижение ХПК в системе модельная сточная вода + катализатор kat 524 или kat 525+0,01% нефти было меньше, чем без использования катализаторов. Однако совместное применение катализаторов и активного ила привело к значительному понижению исследуемого показателя.

В сточной воде с нефтехимической площадки в присутствии катализаторов ХПК уменьшилось для катализатора 524 – 63% и 525 – 68,3% (от 176,1±26,4 до 65,1±6,3 и 55,7±7,9 мг O₂/дм³, соответственно).

В присутствии катализатора 525 снижение концентрации нефтепродуктов шло медленнее, чем при катализаторе 524.

При исследовании скорости деструкции нефти в сточной воде с нефтехранилищ было выявлено, что скорость разложения нефтепродуктов была выше в системе сточная вода с нефтехранилищ + активный ил, чем на нефтехимической площадке. Максимальное уменьшение концентрации нефтепродуктов составило 99,7%.

Резюмируя полученные материалы можно сказать следующее. Совместное использование катализаторов типа «Катан» и активного ила значительно увеличивает скорость и качество очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты, как модельных, так и промышленных.

Таблица 2

Деструкция нефтепродуктов в сточной воде с нефтехимической площадки и нефтехранилищ ОАО АНХК «Роснефть»

		Концентрация (мг/дм ³) нефтепродуктов		Степень деструкции %
		Исх.	24 часа	
Сточная вода с нефтехимической площадки + активный ил	без катализаторов	102,3±8,7	32,5±4,87	68,6
	катализатор 524		19,7±2,95	80,6
	катализатор 525		11,8±1,77	88,4
Сточная вода с нефтехранилищ + активный ил	без катализаторов	237,1±35,56	3,5±0,52	98,5
	катализатор 524		0,65±0,09	99,7
	катализатор 525		1,2±0,18	99,5

Следует подчеркнуть, что биокаталитическая очистки сточных вод является перспективным способом, обладающим рядом преимуществ перед общепринятыми методами использования только одного активного ила. Биокаталитическая очистка не требует больших капитальных затрат и эксплуатационных расходов, т.к. контейнеры из металлической сетки с катализаторами можно помещать прямо в уже эксплуатируемые очистные сооружения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Минобрнауки РФ в рамках реализации проектной части государственного задания в сфере научной деятельности (Задание № 13.1263.2014/К от 11.07.2014)

Литература

1. Catalysts for purification of sulfur-containing industrial wastewater Kochetkov A. Y., Kochetkova R. P., Stom D. I. / Proc. of 2014 International Conference on Industrial, Mechanical and Manufacturing Science (ICIMMS 2014), June 12-13, China 2014

2. Loan L.W. Performance evaluation of Industrial Effluent Treatment Systems (IETSs) - An insight for biotechnology advances in agro-based wastewater treatment / L.W. Loan, M.A. Kassim, K. Muda, L.S. Kheang, N. Abdullah // World Applied Sciences Journal, 2014 – V. 30, I. 30 A – P. 316-325.

3. Mohedano A.F. Highly stable iron catalysts from sewage sludge for CWPO / A.F. Mohedano, V.M. Monsalvo, J. Bedia, J. Lopez, J.J. Rodriguez // Journal of Environmental Chemical Engineering, 2014 – V. 2, I. 4 – P. 2359-2364.

4. Pan L. Influence of calcination temperature on TiO₂ nanotubes catalysis for TiO₂/UV/O₃ in landfill leachate solution / L. Pan, M. Ji, X. Wang, L. Zhao // Trans. Tianjin Univ., 2010 – V.16. – P.179-186.

5. ГОСТ Р 50595-93 Вещества поверхностно-активные. Метод определения биоразлагаемости в водной среде.

6. Патент РФ № 2097338. Способ биохимической очистки сточных вод / Кочеткова Р.П., Кочетков А. Ю., Коваленко Н.А. и др. – 1997.

D. Schingnitz

SEPARATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN TREATMENT PLANTS

Sustainable management of waste attach increasing importance worldwide. The Asian continent is a vast and diverse region. Economic and demographic in the continent has been accompanied by increased urbanization rates. High urbanization rates have been pushing the boundaries of cities. Among these, the increasing quantities of municipal solid waste (MSW) generated is arguably one the significant challenges that city governments have been facing. In China for instance more than 300 million tons of MSW were

generated annually, comparing with approximately 45 million tons MSW in Germany [Statistisches Bundesamt, 2015; Yang, 2011]. Management of MSW encompasses a multi-dimensional set of activities, where different actors, processes and policies converge and interact. In Asian countries, waste separation rates are typically low. This can be ascribed to a number of factors, such as the low-awareness of populations to the benefits and need to segregate waste, and the low willingness to comply with segregation practices due to a lack of incentives or penalties. Hence, the utilization of MSW as an energy resource is stirring interest in the public authorities in the world and especially in Asia.

Several technological means exist to divert solid waste typically destined for a dump site or landfill, such as incineration, composting in case of organics, and material recovery through recycling. All have the potential to be more sustainable methods to manage MSW than landfilling. Re-use and recycling are aimed at pursuing effective material recovery. For those streams of waste, for which the material recovery is not effectively applicable, the energy recovery is the path to be followed. Thermal treatment of waste is an inalienable part of every integrated waste management system. Thus an integrated waste management system should be designed on the integration of different types of treatment processes: recycling processes for material recovery and, in case, biological treatments for appropriate streams, as well as thermal treatments for energy recovery, should be provided with service landfills for disposal of residues generated by the other treatments (see figure 1).

The transition from waste treatment and landfill reliance to sustainable resource management includes the production of safe, environmentally sound and marketable outputs. Besides direct combustion (waste incineration) or biological conversion of organic matter to biogas and/or compost, the energy content of waste can be utilized by producing solid fuels. These secondary fuels can be used in power plants and cement kilns (co-combustion) or in mono-combustion plants. Refuse-derived fuel (RDF) is defined differently across countries: it usually refers to the segregated, high calorific fraction of municipal solid waste, commercial or industrial wastes.

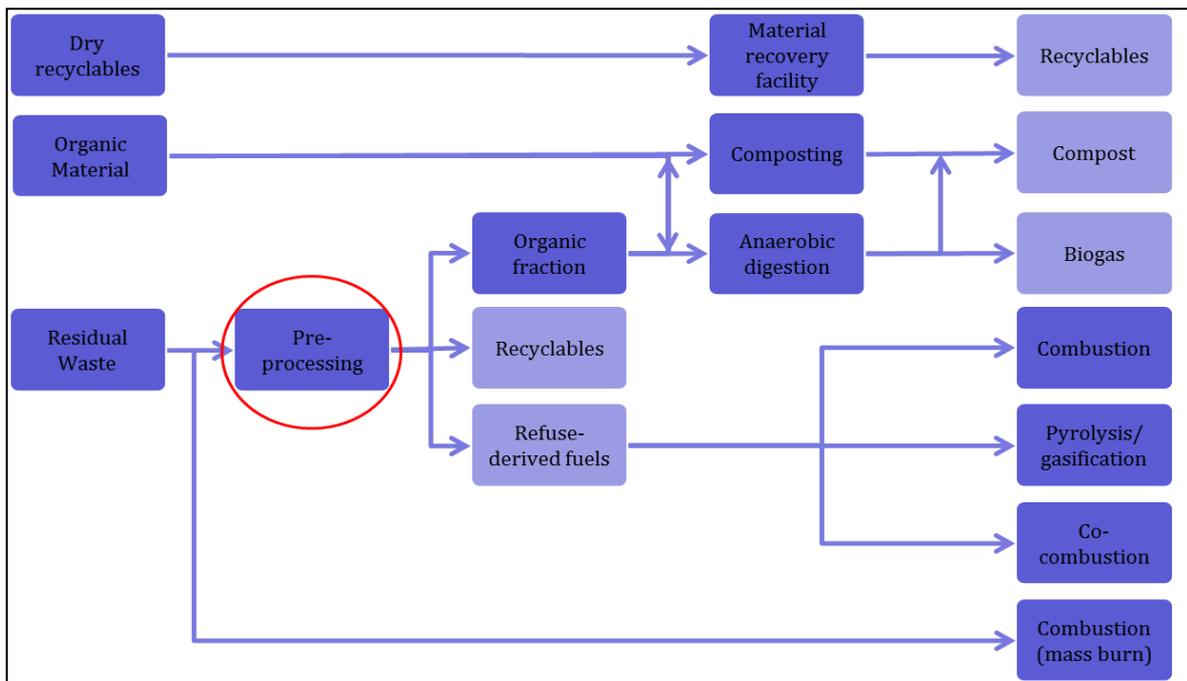


Fig. 1. Treatment options for Municipal Solid Waste

Learning from experiences from the first market failure of RDF in Europe, today the quality of the fuel is receiving significant attention during the production process in order to fulfil market requirements. As landfill taxes in many European countries have risen as well as the impending Landfill Directive, the market for mechanical biological treatment (MBT)-plants has seen significant growth. According to a recent report, between 2005 and 2011 the number of operational MBT-facilities in Europe rose by almost 60% to a total of 330 [Messenger, 2013]. MBT, which is characterized by the implementation of material specific treatment, can be combined with energy recovery and/or material recycling and represents a valid and often preferential alternative to conventional thermal waste-to-energy (WtE)-plants.

Exemplary, approximately four million tons of RDF from 39 MBT-plants were produced in Germany in the year 2010 [Balhar & Vielhaber, 2015]. The excessive-supply of secondary fuel and the possibility to earn money led to an increasing interest in RDF-fired boilers for mono-incineration of RDF. In 2012, 36 RDF-fired boilers existed in Germany with a total capacity in the range of 4.8 – 5.4 million tonnes [Prognos, 2014; Thiel, 2013]. Nowadays, in Germany different treatment methods for the production of RDF are used depending on the origin and composition of the waste. Although more than 60 % of the residual waste are still burned directly in WtE-plants. Choosing MBT-techniques, characteristics like high organic contents of the waste causes the combination of mechanical treatment steps as well as drying processes of the

waste or the degradation of the organic content by composting or digestion. The developing national as well as European market for RDF requires standardized quality assured measurement methods to improve the chances for marketing and to assure environmental standards. The production of RDF from different types of waste and their thermal utilisation in co-incineration and mono-incineration plants can be useful alternatives with regards to the substitution of fossil fuels. However, the heterogeneous properties of the RDF are problematic during the intended utilisation processes. They require regular quality controls during the treatment and utilisation processes.

Worldwide experiences show that source-separated collection of MSW is an effective method for the enhancement of waste reduction and recycling. The separation of waste significantly influences the amount and value of the resources that can be recovered from the different MSW-streams, and therefore it is the backbone of any approach to the reuse and recycling of waste. The separation of waste at source is a participatory measure that requires the cooperation of those who generate waste, such as individuals, households or commercial establishments. In the endeavour of avoiding presence of biodegradable waste in landfills and increasing recycling, MBT-plants have seen a significant increase in number and capacity in the last two decades in Europe. The aim of these plants is separating and stabilizing the quickly biodegradable fraction of the waste, the production of RDF as a substitute fuel for energy recovery as well as recovering recyclables from mixed waste streams. In addition, the mechanical treatments performed in MBT-plants allow the recovery of valuable materials such as iron and aluminum. Also the content of organics can be reduced by composting or digestion of organic materials. Minimizing the biological activity of waste streams benefit in fewer emissions while landfilling (leachate, landfill gas). By raising the fuel-relevant parameters (e.g. content of combustibles, heating value) it can also improve the usage of the MSW for common thermal processes (WtE). The waste composition principally affected the magnitude of the benefits associated with recycling. One of the advantages of using MBT-techniques is the flexible system, which is viable with small flow rates as well as larger flow rates of the waste and – compared with incineration plants – lower investment costs. Among the conditions and local challenges in countries which are at the beginning of implementing a regulated waste management system, MBT-technologies can be a promising approach. Finally, a suitable MSW-management system includes

several steps for waste collection, separation, treatment as well as the final disposal depending on the waste streams and the characteristics of these waste fractions.

References

1. [Balhar & Vielhaber, 2015] Balhar, M.; Vielhaber, B.: Zukunft der MBA bei vermindertem Bioabfallanteil – Chancen für Abfallbiogasanlagen (Future of MBT in case of reduced contents of biowastes – chances of biogas production from waste). Eigenverlag des Forums für Abfallwirtschaft und Altlasten e.V., Pirna, Germany, 2015, ISBN: 978-3-934253-90-2; pp. 49-54
2. [Prognos, 2014] Prognos: Analyse der Situation der Vorbehandlungskapazitäten in Deutschland und Thesen für eine Abfallwirtschaft im Gleichgewicht (Analysis of the situation of pre-treatment capacities in Germany and theses for a waste management in balance). Green Paper, Prognos AG, Berlin, Germany, 2014
3. [Statistisches Bundesamt, 2015]
4. Statistisches Bundesamt: Haushaltsabfälle (ohne Elektrogeräte) 2014 (residual wastes (without electric devices) 2014). Germany, 2015, Published: [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/ GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Abfallwirtschaft.html](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Abfallwirtschaft.html)
5. [Thiel, 2013] Thiel, S.: Ersatzbrennstoff-Kraftwerke in Deutschland und Österreich (RDF power plants in Germany and Austria). In: Energie aus Abfall, TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, Germany, 2013, pp. 837-852, ISBN: 978-3-935317-92-4
6. [Messenger, 2013] Messenger, B.: Where next: For the European waste derived fuels market? In: Waste Management World, INDUSTRIEMAGAZIN Verlag GmbH, Austria, 2013, Published: <https://waste-management-world.com/a/where-next-for-the-european-waste-derived-fuels-market>
7. [Yang, 2011] Yang, C.: Municipal Solid Waste Management in an urban area of China: Case studies of Shanghai, China and Linköping, Sweden. Master's Thesis, Linköping University, Sweden, 2011, ISRN: LIU-TEMAV/MPSSD-A--12/007—SE

*E. Shamrai*¹, *A. Taskin*², *S. Ivannikov*¹, *A. Yudakov*^{1,2}, *T. Ksenik*¹
(*Е.И. Шамрай, А.В. Таскин, С.И. Иванников, А.А. Юдаков, Т.В. Ксеник*)

¹Institute of Chemistry FEB RAS

²FEFU, Vladivostok)

**THE STUDY OF PROSPECTS OF THE COMPLEX USE OF ASH
AND SLAG WASTE (ON THE EXAMPLE OF ENERGY ENTERPRISES
OF PRIMORYE) (ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ
ОТХОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ ПРИМОРЬЯ)**

Аннотация

В работе приведены результаты исследования золоотвалов энергопредприятий Приморского края России с целью определения возможности организации комплексной переработки золошлаковых материалов.

Выявлены золошлаковые объекты с высокими концентрациями Au и Ag. Определён химический и минеральный состав проб с исследованных зоошлаковых отвалов. Предложена схема разделения золошлаковых отходов на различные минеральные фракции. Установлены закономерности накопления и распределения концентраций Au в золошлаковых отходах. Показана возможность концентрирования золота в тяжёлой немагнитной и лёгкой немагнитной фракции. На основании проведённых исследований разработаны «Экспериментальный образец установки предварительной подготовки техногенных отходов к извлечению концентрата микродисперсного золота и МПГ» и «Экспериментальный образец установки извлечения концентрата микродисперсного золота и МПГ из предварительно подготовленных техногенных отходов».

В процессе деятельности предприятий, сжигающих угли, образуется много золошлаковых отходов. Например, годовое поступление золы в золоотвалы Приморского края, в отдельные годы достигало 3,0 млн. т. Результатом такой техногенной активности является накопление огромных запасов золы, так согласно литературным данным, объём накопленных в России золошлаков приближается к 2 млрд. тонн, размещённых на территориях более чем 22 тыс. га [1].

Вместе с тем известно, что золошлаковые отходы содержат промышленно значимые количества ценных компонентов. Химический и минералогический состав золошлаков указывает, что их правильнее считать обогащён-

ным сырьём для различных отраслей промышленности (строительной, дорожной, цементной, металлургической, химической). ЗШО могут быть источником As, Be, Bi, Co, Ge, Hf, Nb, Se, Sr, Te, Tl, Y, Al, Cd, Ga, Fe, Mo, Ti, V, Zn, золота, платиноидов и редкоземельных элементов [2–4].

Осложняющим моментом в технологии извлечения и последующего использования металлов, присутствующих в золошлаковых отходах, может являться тот факт, что металлы в углях и золах находятся одновременно в нескольких минеральных фазах (в самородном состоянии и в виде интерметаллидов, в форме оксидов, сульфидов, карбонатов, фосфатов, силикатов и др.) и в тонкодисперсной размерности (преимущественно до 10 мкм) [5].

В связи с этим актуальной задачей является проведение комплексных исследований химического и минерального состава золошлаковых отходов предприятий энергетики и форм нахождения металлов, в частности золота, в таких отходах, с целью разработки на базе данных исследований технологических и технических решений по комплексной переработке техногенных отходов предприятий энергетической отрасли с сопутствующим извлечением концентрата микродисперсного золота и металлов платиновой группы.

Исследования отходов предприятий энергетической отрасли, проводились с пробами, отобранными с полигонов следующих территорий: г. Владивосток, ТЭЦ-2; г. Артём, ТЭЦ; г. Большой камень, ТЭЦ; г. Арсеньев, ТЭЦ; г. Партизанск, ГРЭС; г. Лучегорск, Приморская ГРЭС. Всего было отобрано 57 образцов.

Исследования химического состава золошлаковых образцов, выполненные методом рентгено-флуорисцентного анализа (РФА), показали, что по химическому составу исследованные пробы весьма схожи. Основную массу проб составляют алюмосиликаты, окислы железа и титана, помимо них в исследованных образцах присутствуют макросодержания бария, кальция, калия, магния и серы. Кроме того, в ряде исследованных образцов, было отмечено микросодержание хрома, меди, марганца, рубидия, стронция, ванадия, иттрия, цинка и циркония. Присутствие во всех исследованных пробах макросодержаний окислов титана и железа предполагает возможность проведения магнитной сепарации образцов и выделения в отдельную фракцию магнитных минералов.

Измерения содержания Au, Pt, Pd, Ag проводились методами атомно-адсорбционной спектроскопии (ААС) и нейтронно-активационного анализа (НАА). ААС показал наличие золота в 7-ми пробах с содержани-

ем от 0,045 г/т до 0,180 г/т и наличие серебра в 5-ти пробах с содержанием от 2,4 г/т до 29,7 г/т, в 22 пробах содержание серебра не превышает 1 г/т. По данным НАА золото присутствовало в 29 пробах из 57 проб в количествах от 0,2 г/т до 3,8 г/т.

Проведённые минералогические и микроскопические исследования показали, что частицы свободного золота и других благородных металлов, присутствующие в отходах предприятий энергетического комплекса, представлены в основном тонким и сверхтонким классом крупности. Характерны весьма разнообразная морфология обнаруженных зёрен золота (ксеноморфная, комковидная, дедритоидо-комковидная формы зёрен) и тонкодисперсное состояние микрочастиц золота (от долей до десятков микрон).

Для исследования возможности концентрирования золота, исходный золошлаковый материал был разделён на следующие фракции: концентрат – немагнитная фракция; концентрат – магнитная фракция; лёгкая немагнитная фракция – песок; угольная пыль (сажа, пемза); глина, ил; недожог угля. Проведённые анализы показали концентрирование золота поимущественно в немагнитной фракции, и практически полное отсутствие золота в магнитной фракции. По данным НАА содержание золота в пробах представляющих лёгкую немагнитную фракцию превысило содержание золота в исходных пробах в среднем на 20%, а содержание золота в концентрате немагнитной фракции превысило содержание в исходных пробах более чем в два раза

С учётом особенностей химического состава разработан оптимальный, трёхстадийный вариант организации переработки ЗШО. Первая стадия – сырьевая. На этом технологическом переделе ЗШО разделяются на фракции, очищаются от недожога и окислов железа. Уже на этой стадии производится товарная продукция с устойчивой ликвидностью – высококалорийное топливо, концентрат железа и песок. Вторая стадия – извлечение концентратов ценных компонентов, в частности золота. Третья стадия – производство строительных материалов и изделий из алюмосиликатного остатка. Распределение товарных продуктов получаемых при комплексной переработке ЗШО представлено на рисунке 1.

На основании проведённых исследований разработаны экспериментальные образцы установок для концентрирования и извлечения золота из золошлаковых отходов: «Экспериментальный образец установки предварительной подготовки техногенных отходов к извлечению концентрата микродисперсного золота и МПГ»; «Экспериментальный образец уста-

новки извлечения концентрата микродисперсного золота и МПГ из предварительно подготовленных техногенных отходов», позволяющие разделить исходный золошлаковый материал на фракции, служащие сырьем для получения товарных продуктов, и выделить золотосодержащий концентрат. Извлечение золота из золотосодержащего концентрата осуществляется методами гидро и пирометаллургии.



Рис. 1. Распределение ЗШО по технологиям при комплексной переработке

Таким образом:

Для Приморского края проблема загрязнения городских территорий золошлаковыми отходами перешла в стадию локальных экологических кризисов.

Применение результатов исследований позволит ввести в хозяйственный оборот существенный процент золошлаковых отходов и перевести их в промпродукты; выделить из золошлаковых отходов предприятий энергетики золотосодержащий концентрат; провести рекультивацию земель ранее занятых под золоотвалы и повторно вовлечь данные земли в хозяйственный оборот.

Технология извлечения ценных компонентов позволяет повысить экономическую эффективность инвестиций в переработку ЗШО.

Отбор и обработка проб проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, соглашение № 14.578.21.0015 от 05.06.2014 г. уникальный идентификационный номер соглашения RFMEFI57814X0015.

Анализ проб проводился при частичной финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Федеральное агентство научных организаций, проект № 0265-2014-0002).

Литература

1. Алексейко Л.Н. О комплексной переработке золошлаковых отходов энергетики / Л.Н. Алексейко, А.В. Таскин // Экология и развитие общества: труды IX международ. конференции. СПб.: Международ. академия наук экологии, безопасности человека и природы, 2005. – с. 12–21.
2. Леонов С.Б. Промышленная добыча золота из золошлаковых отходов тепловых электростанций / С.Б. Леонов, К.В. Федотов, Е.А. Сенченко // Горный журнал, 1998. – №5. – с. 67–68.
3. Стратегия развития топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического района до 2020 г. Под редакцией член-корреспондента РАН А.П. Сорокина. – Дальнаука: Владивосток. – 2011. – 111 с.
4. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года: утверждена распоряжением правительства Российской Федерации №1234-р от 28.08.2003. – М.: ГУ ИЭС. – 2003. – 136 с.
5. Лаврик Н.А. Микроминеральная составляющая бурых углей и золы Ушумунского и Сутарского месторождений (юг Дальнего Востока) и перспективы использования / Н.А. Лаврик, Н.М. Литвинова // Вестник ЗабГУ. 2015. – № 03 (118). – с. 39–47.

¹ T. Skakova, ² A. Petrova, ² I. Shadrinova, ³ A. Andreev

¹Moscow State University of Mechanical Engineering

²Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
RAS, Moscow

³FEFU, Vladivostok

**RECOVERY OF AL-LI, AL-SI, AL-MG, AL-ZN, AND AL-SN WASTE
BY CHEMICAL DISPERSION TO OBTAIN NANODISPERSED
ALUMINUM OXIDE POWDER (УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ AL-LI,
AL-SI, AL-MG, AL-ZN И AL-SN МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО
ДИСПЕРГИРОВАНИЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ НАНОДИСПЕРСНЫХ
АЛЮМООКСИДНЫХ ПОРОШКОВ)**

Аннотация

Разработан способ утилизации промышленных отходов алюминиевых сплавов методом химического диспергирования, который состоит в растворении мелких частиц алюминиевого сплава в щелочных растворах с образованием осадка – порошка гидроксида алюминия. Этот осадок обладает комплексом уникальных свойств, которые трудно получить при использовании традиционных технологий получения порошков. Преимущественно он наследует морфологию структуры исходного сплава, а его химический состав влияет на фазовый состав осадка. В результате диспергирования алюминиевых сплавов различных систем образуются порошки, частички которых отличаются по своей морфологии и размеру. Образующийся при переработки стружки гидроксид алюминия является источником исходного сырья для создания перспективных керамических материалов на основе оксида алюминия для изготовления нового класса керамических материалов, обладающих уникальными свойствами. Одновременно решается проблема утилизации отходов алюминиевых сплавов, в том числе, утилизации отходов Al-Li сплавов, сопряженная с рядом особенностей, затрудняющих этот процесс при традиционных технологиях.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ, Соглашение №14.604.21.0128 (уникальный идентификатор проекта RFMEFI60414X0128)

В последние годы во всём мире растёт интерес к использованию в промышленности алюминия и алюминиевых сплавов. При этом неустанно возрастает количество алюминиевой стружки и мелких алюминиевых от-

ходов, образующихся в результате механической обработки алюминиевых заготовок. Стружка не пригодна для непосредственного переплава. Типичная схема утилизации стружки в обязательном порядке включает такие операции, как сбор стружки, её очистку и отделение неметаллических включений и загрязнений, отмывку, брикетирование для эффективного переплава, а также механические испытания готовых брикетов и только затем переплав. Особенности трудности возникают тогда, когда среди легирующих элементов в алюминиевом сплаве встречается, литий. Такая стружка требует специальных методов утилизации и соблюдения дополнительных мер безопасности. Наличие примесей лития не допустимо во многих алюминиевых сплавах, а поэтому плавку следует проводить в отдельных агрегатах, которые пригодны только для переплавки литий-содержащей стружки. Эти устройства, как правило, очень дороги, и требуют плавки в контролируемой атмосфере для исключения риска детонации. Для работы на таких агрегатах могут быть допущены только специально обученные специалисты. Все перечисленные факторы накладывают существенные ограничения на утилизацию литий-содержащей стружки и делают этот процесс крайне дорогостоящим и малоэффективным.

В Московском государственном машиностроительном университете разработан и активно применяется для получения порошков с уникальными свойствами метод химического диспергирования.[2] Метод химического диспергирования состоит в следующем. Мелкие частицы алюминиевого сплава (стружка, небольшие кусочки) растворяются в щелочных растворах с образованием осадка – гидроксида алюминия. Этот осадок обладает комплексом свойств, которые, как правило, сложно получить при использовании традиционных технологий получения порошка, являющегося сырьем для получения различных керамических материалов. Полученный осадок отфильтровывают и промывают методом последовательных декантаций, а затем проводят термический синтез оксидных фаз.

Предложенный метод с успехом может быть применена как альтернативный способ утилизации мелких алюминиевых отходов, особенно содержащих литий.

Таким образом, методика химического диспергирования является простым и эффективным способом получения микро- и нанодисперсных алюмооксидных порошков. Варьируя несколько основных параметров при диспергировании возможно добиться принципиально различных резуль-

татов в структуре готовых порошков: формы частиц, их морфологии, размеров, распределение фаз по поверхности. Структура порошка оказывает, в свою очередь, влияние на свойства керамического материала. Осадок преимущественно наследует морфологию структуры исходного сплава, а его химический состав влияет на фазовый состав осадка.[3] Этот факт является основой для эффективного способа управления структурой порошка и его фазовым составом. Методика является значительно более простой и предсказуемой, по сравнению с существующими на сегодняшний день вариантами управления структурой порошка, получаемого другими методами.

Выявлено, что в результате диспергирования алюминиевых сплавов различных систем образуется порошок, частички которого отличаются по своей морфологии и размеру.

Установлено, что из алюминиевых сплавов, содержащих литий, получается порошок, частицы которого принципиально отличаются по своей морфологии от частиц, образуемых в результате диспергирования сплавов, не содержащих литий. Причиной этого является специфическое распределение литиевых фаз по объему металлического образца, а поскольку литий наиболее активен, процесс диспергирования протекает преимущественно в этих зонах. Зоны, содержащие литий, распределены не только по границам зерен, но и по объему самих зерен. Разрушение такого сплава приводит к образованию нанодисперсных пластинок неправильной формы.[2] Таким образом, при диспергировании сплавов системы Al-Li, где литиевые фазы распределены не только по границам зерен, но и по телу самих зерен алюминия, образуется преимущественно пластинчатый порошок. Толщина таких пластинок лежит в нанодиапазоне, а линейные размеры составляют несколько микрон. Эти пластины выстраиваются в сложные конструкции. Конструкции довольно прочны, и при низких давлениях прессования образуют прочный каркас будущего материала. Характерными особенностями структуры порошков, получаемых при диспергировании, является специфическое закономерное распределение фаз по поверхности частиц. Это оказывает принципиальное влияние на свойства при изготовлении готовых керамических компактов. Например, в некоторых случаях, в результате проведенного диспергирования на поверхности частиц порошка удавалось добиться синтеза таких фаз, как нефелин или алюмо-магниева шпинель. В некоторых случаях концентрация фаз, содержащих кальций и натрий на поверхности пластинчатых частиц, поз-

воляла получать при спекании весьма прочный пористый агрегат. Пластинки, вследствие своей ориентации, выстраивались в каркас, а прочность этого каркаса была обусловлена спеканием фаз кальция с поверхности пластинок. Важно отметить, что получение фаз нефелина и шпинели в керамических образцах является довольно сложной задачей, требующей сложных технологических процессов.

Установлено также, что на структуру порошка принципиально влияют такие параметры диспергирования, как среда, в которой происходит процесс, скорость диспергирования и температура реакции. При использовании разных щелочей были получены принципиально различные структуры. Проведены эксперименты с КОН, LiОН и NaОН. Каждая из этих диспергационных сред влияет на конечный фазовый и структурный состав порошка, а также на интенсивность протекающего процесса. Большая химическая активность среды приводит преимущественно к измельчению структуры порошка в осадке.

Итак, образующийся в результате переработки стружки гидроксид алюминия является источником исходного сырья для создания перспективных керамических материалов на основе оксида алюминия для изготовления нового класса керамических материалов, обладающих уникальными свойствами. Разработка новых керамических материалов, в свою очередь, является важнейшей задачей современной промышленности, поскольку только керамические материалы обладают рядом специфических, уникальных свойств, которые принципиально важны для всего машиностроения. Одновременно решается проблема утилизации отходов алюминиевых сплавов, в том числе, утилизация отходов Al-Li сплавов, сопряженная с рядом особенностей, затрудняющих этот процесс.

На данный момент подробно исследован процесс химического диспергирования алюминиевого сплава, содержащего 1,5 % лития и 4,5 % меди.

Исследование показало, что из данного порошка по предложенной технологии удается получить готовый образец с крайне высокой (более 70%) открытой пористостью. Полученный материал, несмотря на высокое значение пористости и низкую плотность (1,8 г/см³), демонстрирует высокие показатели механических свойств (предел прочности на статический изгиб около 180 МПа).

Такой материал с успехом может быть использован в качестве термоизоляции, фильтрующих элементов и основы для катализаторов дожигания.

Таким образом, метод химического диспергирования, разработанный коллективом ученых Московского государственного машиностроительного университета, позволяет не только решить проблему утилизации мелких промышленных отходов, образуемых в результате механической обработки деталей из алюминиевых сплавов, но и получить новое сырье, пригодное для изготовления широкого спектра керамических материалов с различными свойствами[3].

Литература

1. Чантурия В.А., Козлов А.П., И.В. Шадрунова И.В., Ожогина Е.Г. Приоритетные направления развития поисковых и прикладных научных исследований в области использования в промышленных масштабах отходов добычи и переработки полезных ископаемых // Горная промышленность. №1(113). 2014. С. 54

2. Трифонов Ю.Г., Скакова Т.Ю., Омаров А.Ю., Королева П.С., Шляпин А.Д. Легированный порошок оксида алюминия, получаемый в результате химического диспергирования сплава В – 1469 // Наноинженерия. 2013. №8 С. 8 – 11.

3. Шляпин А.Д., Рыбальченко В.В., Иванов Д.А. Хайри А.Х., Омаров А.Ю. Физико-механические свойства нового керамического материала // Машиностроение и инженерное образование. 2011. №4. С.31 – 35.

S. Sklyarov (С. Г. Складов)

**Regional Union of Waste Recycling Enterprises
of Kaliningrad Oblast, Kaliningrad**

**CREATION OF A COMPANY FOR A SPECIALIZED RECYCLING
OF COMBINED WASTE CREATION OF A COMPANY FOR
A SPECIALIZED RECYCLING OF COMBINED WASTE
(СОЗДАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ
ПО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ УТИЛИЗАЦИИ
СЛОЖНОКОМБИНИРОВАННЫХ ОТХОДОВ)**

В создании центра утилизации электронного и электробытового лома в «нулевых» годах в Калининградской области отразилось всё развитие отрасли переработки отходов в постсоветской России. Начиная от вхождения в оборот новых видов отходов и способов их утилизации, до формирования у ответственных лиц понимания, что такое утилизация (в современном смысле этого термина), зачем она вообще нужна и почему за это необходимо платить деньги. В итоге от полного непонимания и неприятия «отходной тематики» за годы кропотливой работы пришли к действующим моделям предприятий и конкурентного рынка.

Одним из первых опытов сотрудничества между Калининградской областью и немецкими специалистами в области обращения с отходами, стал как раз совместный проект с Федеральным институтом обращения с отходами г. Изерлона и компании «Лоббе» с Администрацией г. Калининграда и компанией «Аргентум-Плюс». Именно уверенность и последовательность наших немецких коллег в донесении информации до лиц, ответственных за принятие решений, а также опыт Германии в области переработки электронного лома, дали импульс развития ведущего, в данном сегменте отходов, отраслевого предприятия в регионе.

После того как «Аргентум-Плюс» наладил систему сбора электронных отходов появились последователи, которые увидели, что такая модель предпринимательства работает.

Вместе с тем менялось и природоохранное законодательство, в работе над которым принимал участие также наш Союз и мы, как отраслевики-практики, давали свои рекомендации для включения в федеральные и региональные нормативные акты. В итоге, то что ещё

10 лет назад казалось немыслимым и бесперспективным, чем занимались только фанаты своего дела – сейчас стало нормой закона.

Вместе с тем, ещё очень широк «пиратский» сегмент, который процветает в том числе за счёт формализации конкурсных процедур, условной дороговизны услуги, но в первую очередь из-за того, что руководители предприятий и учреждений не представляют себе всю опасность безалаберного отношения к отходам и считают мнимую экономию от избавления от отходов. Это характерно для всех сегментов, начиная с ТКО, заканчивая ртутьсодержащими и медицинскими отходами, аккумуляторами и отработанными маслами.

Поэтому проекты подобно ГИВАСИКу, специалисты и консультанты представляющие опыт и практику реализованную на деле, должны быть не разовыми, а постоянными и охватывать массово как регионы, так и целые отрасли. Потому, что если руководители увидят и поймут какой вред несёт небезопасное отношение к отходам, то в отрасль пойдут и сырьё и средства.

*V Starostina¹, A. Damgaard², H. Rechberger³, T. Christensen²
(В. Старостина, А. Дамгаард, Х. Рехбергер, Т. Кристенсен)*

¹Department of Mineral Processing and Environment Protection, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk

²Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark ³Institute of Water Quality, Resources and Waste Management, TU Wien, Vienna, Austria

ASSESSING THE IMPACT OF ALTERNATIVE SCENARIOS FOR WASTE DISPOSAL ON EMISSION OF GREENHOUSE GASES: USING STAN AND EASETECH FOR MODELING (ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СЦЕНАРИЕВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ С УМЕНЬШЕНИЕМ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ STAN И EASETECH ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ)

Municipal solid waste (MSW) management in Irkutsk, which is the main city in eastern Siberia, Russia, involves annually 500 000 tons of waste from a population of approximately 590 000 people. Only 4 % of the waste is recycled.

About 96% of the MSW is landfilled in a single landfill without any controls on leachate and gas. This landfill will have no more capacity within the next 4-6 years and the region of Irkutsk will have to find alternative ways of managing the MSW.

We applied Material Flow Analysis (MFA) using STAN and Life Cycle Analysis (LCA) using EASETECH to model the current and alternative future scenarios for waste management in the Irkutsk region that is characterized by a harsh climate and long distances to other industrial areas. The interactions with the regional energy system using hydro and coal-burning power plants were also considered.

In our research we focused on greenhouse gas emissions quantified in terms of CO₂-equivalents. This suggests that we do not address landfill leachate here since this emission has little impact on global warming.

The “Alexandrovskiy” landfill is located 10 km from the city center of Irkutsk. The landfill area is 420 000 m² and the average filling depth is 30 m. The bulk density is estimated to 0.67 ton/m³ since compaction is by dozer. The landfill receives annually approximately 500 000 tons of MSW and the capacity is expected to be exhausted within 5-6 years. The landfill was constructed in 1963 and has no leachate and no gas collection system. Completed sections are cover by soil and vegetation.

As the capacity of the existing landfill soon will be exhausted, a new landfill is likely to be established as part of the future waste management system. We assume that the waste landfilled has the same composition as in the early part of this study: this means that the gas generation is unchanged. However, changes are introduced in terms of the way the gas is managed:

- Gas is collected during the first 30 years after landfilling of the waste with an efficiency of 80%. The collected gas is used in a gas turbine for electricity production.

- Gas is after 30 years after landfilling of the waste no longer collected for energy generation due to too low a flux to run a gas turbine. The gas is however collected and flared for the next 10 years.

The gas generation and composition is estimated by the EASTECH model using a first order degradation model for each of the organic fractions in the waste. The model estimates a total methane generation of 86 m³ per ton of waste for a 100 year period.

The Irkutsk waste management system shows very significant Global Warming impacts: a net load of 68 000 person equivalents (PE; PE = 7700 kg CO₂-equivalents) or about 525 000 tons of CO₂ emitted per year.

The landfill is totally dominating this impact since collection and transport of the waste contribute less than 1000 PE (not shown). The impact is due to a load and a saving: the load is from CH₄ escaping through the top cover of the landfill into the atmosphere – about 90 000 PEs – and a saving caused by the storage of biogenic carbon in the landfill beyond the 100-year period considered – about 25 000 PEs.

Establishing a new but modern landfill when the old landfill will be completed would in itself provide significant environmental improvements just by introducing well-established technologies as gas collection, utilization of the landfill gas for energy purposes, and soil covers to provide oxidation of escaping methane. Collection of landfill gas and utilization for 30 years for electricity production (gas turbine) would reduce the global warming impact completely and result in a small net savings due to storage of biogenic carbon in the landfill after 100 years.

The gas generation was estimated by a first-order degradation model with degradation rates adjusted to a cold and semi-dry climate. Oxidation of methane in the top cover was assumed to be modest in the early phases of the landfill but considered to increase as the flux of methane would decrease in the later stage of the waste stabilization within the landfill. Considering other first-order degradation rates for the landfilled organic matter did not affect the results much, while assumptions about the top cover oxidation of methane significantly affected the results. This shows the importance of controlling the gas escape from the landfill.

The study shows that introduction of modern landfill technology can significantly improve the global warming contribution from waste management.

*I. Starostina, A. Antipova, R. Daud (И.В. Старостина,
А.Н. Антипова, Р. Дауд)*

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov, Belgorod

**TREATMENT OF URBAN WASTE WATER DEPOSITS
IN MICROWAVE FIELD – THE PROSPECT OF SOLVING
THE WASTE WATER DISPOSAL PROBLEM (ОБРАБОТКА
ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД В СВЧ-ПОЛЕ –
ПЕРСПЕКТИВА РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ)**

Аннотация

Проблема утилизации осадков сточных вод, включая избыточный активный ил является актуальной задачей, так как при увеличении объемов их образования переработке подвергается незначительная часть. Наиболее распространенным способом утилизации осадка на территории РФ является складирование на иловых площадках, что является экологически нецелесообразным. В работе рассматривается использование СВЧ-энергии для обработки избыточного активного ила, что приводит к изменению соотношения между связанной и свободной водой, диспергации органических веществ, снижению содержания ионов тяжелых металлов и гибели патогенной микрофлоры. Указанные особенности позволяют использовать обработанный активный ил как в качестве самостоятельного удобрения, так и в составе органоминеральных удобрений.

В процессе биологической очистки сточных вод образуются осадки (ОСВ), состоящие из минеральной и органической составляющей, последняя из которых представлена скоплением микроорганизмов (активный ил), участвовавших в удалении из воды загрязняющих веществ, главным образом органических, что сопровождается их ростом и формированием объема избыточного активного ила [1].

С каждым годом нормативы содержания в воде биогенных элементов ужесточаются, поэтому главной целью для предприятий является их достижение, а второй по значимости - обработка и утилизация осадков [2].

Проблема утилизации активного избыточного ила является очень актуальной задачей, т.к. количество осадков с каждым годом растет, а переработке подвергается лишь незначительная его часть. Объемы образования иловых осадков в различных странах мира после биологической ОСВ

представлены в табл.1. Для размещения такого количества осадков требуются огромные территории.

Осадки сточных вод составляют до 40–50 % от общего количества сточных вод.

За рубежом в земледелии используют до 90 % накапливающихся стоков, в западной Европе – до 40 %, в США их использование достигает 60 %, а в нашей стране – только 5 % [3].

Таблица 1

**Количество илового осадка после биологической очистки
сточных вод**

Страна	Количество осадка, млн тонн/ год	Страна	Количество осадка, млн тонн/ год
США	7,000	Люксембург	0,015
Швейцария	0,215	Нидерланды	0,280
Австрия	0,320	Португалия	0,200
Бельгия	0,075	Испания	0,300
Дания	0,150	Великобритания	1,500
Франция	0,900	Швеция	0,180
Германия	2,750	Украина	1,802
Греция	0,200	Япония	2,300
Ирландия	0,024	Южная Корея	1,902
Италия	0,800	Россия	77,678

Осадки сточных вод обладают рядом характерных свойств:

- высокая влажность до 99,6 %;
- высокое содержание органических веществ, что приводит к их быстрому загниванию и образованию неприятного запаха;
- высокое содержание тяжелых металлов (ТМ), которое обуславливает токсичность осадков;
- наличие патогенной микрофлоры, которая приводит к распространению инфекций [4].

Помимо отрицательных свойств осадки обладают и рядом положительных, таких как: высокая удельная поверхность (около 100 м² на 1 г сухого вещества) и высокая водоудерживающая способность.

К основным направлениям переработки избыточного активного ила относятся: аэробная минерализация, анаэробное сбраживание, обезвожи-

вание, компостирование, получение технического витамина В₁₂, активного угля, белка, термическая обработка, использование в качестве комплексных и самостоятельных органоминеральных удобрений.

Наиболее распространенным способом утилизации осадка на территории РФ является складирование на иловых площадках и илонакопителях с предварительным его обезвоживанием. Данный метод является экологически нецелесообразным, так как представляет собой опасность загрязнения водных ресурсов, атмосферного воздуха, отчуждения почв и является источником негативного воздействия на здоровье людей [5].

Последнее время большое внимание уделяется термическим методам обработки и переработки осадков сточных вод городских станций канализации. Это связано с тем, что после термообработки осадок может использоваться в качестве вторичного сырья (золы) для производства пенобетона и корректирующей добавки при производстве - керамзитового гравия [4].

Избыточный активный ил можно использовать в качестве сырья для получения органоминеральных удобрений, так как органическая масса осадков сточных вод содержит биогенные элементы, такие как азот, фосфор, калий и микроэлементы [6].

Снижение кислотности в почве преследует инактивацию подвижных тяжелых металлов, поэтому существует необходимость поддержания содержания гумуса в почве более 3,5 %, что препятствует их миграции. Внесение осадка должно быть в несколько приемов, что обеспечивает полное поглощение питательных компонентов осадков и экологическую безопасность почв [3].

Хотя рассмотрен достаточно большой спектр методов переработки и утилизации ОСВ городских очистных сооружений, но до настоящего момента многотоннажное их использование не реализовано, поэтому поиск новых направлений является очень актуальной задачей.

В данной работе рассматривается возможность применения безрегентного способа обработки избыточного активного ила - с использованием СВЧ-энергии мощностью от 300 до 800 Вт при длительности воздействия от 5 до 25 минут и последующей утилизации его в технологии получения органоминеральных удобрений. В качестве объекта исследования использовали суспензию избыточного активного ила биологической очистки сточных вод станции канализации ГУП «Белводоканал», свойства которых представлены в табл. 2.

Использование СВЧ-волн обусловлено наличием в осадках дипольных молекул – свободной, адсорбционной и химически связанной воды, белков и жиров.

Таблица 2

Основные характеристики активного ила ОСК ГУП «Белводоканал»

Показатель	Значение
Влажность, %	99,1
Плотность, кг/м ³	998
Массовая доля протеина, %	6 – 10
Объем образования, тыс.м ³ /год	182,5

Результаты исследований показали, что в результате СВЧ-обработки активного ила происходят следующие процессы:

- температурное воздействие на компоненты ила; при этом в первую очередь

нагревается вода внутри капилляров используемых материалов, адсорбированная и свободная вода, а также внутриклеточное вещество;

- нетепловое специфическое воздействие на биологические объекты ила, что проявляется на клеточном и молекулярном уровнях.

Реализация указанных механизмов приводит к:

- изменению процентного соотношения связанной и свободной воды в активном иле в пользу последней, что приводит к увеличению способности ила к осаждению и уплотнению;

- диспергации органических веществ, что благоприятно влияет на усвоение их корневой системой растений при внесении осадков в почву;

- снижению содержания ионов тяжелых металлов;

- гибели патогенной микрофлоры и стерилизация активного ила, что подтверждается результатами исследований (рис. 1).

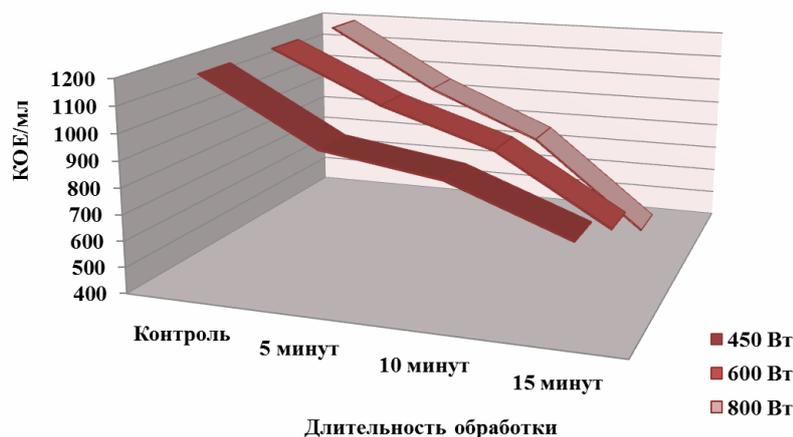


Рис. 1. Зависимость КОЕ от условий СВЧ-обработки активного ила.

Воздействие СВЧ-поля на избыточный активный ил оказывает стерилизующий эффект. Снижение показателя КОЕ при наиболее жестких условиях обработки достигает 65%.

Использование переработанного активного ила возможно самостоятельно в качестве органоминерального удобрения или в составе комплексных органо-минеральных удобрений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г.Шухова на 2012-2016 гг. (№ 2011-ПР-146).

Литература

1. Нефедьева Е.Э., Белицкая М.Н., Шайхиев И.Г. Возможности использования твердой фракции городских сточных вод в качестве органоминерального удобрения в городском и сельском хозяйстве// Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 19. С. 223-226.
2. Макиша Н.А., Смирнов Д.Г. Комплексная очистка сточных вод с минимизацией образования избыточного активного ила и осадка// Вестник МГСУ. 2012. № 12. С. 192-198.
3. Белюченко И.С. Осадки сточных вод, их очистка и использование// Экологический вестник Северного Кавказа. 2016. № 1. С. 82-95.
4. Никовская Г.Н., Каличенко К.В. Биотехнология утилизации осадков муниципальных муниципальных сточных вод// Биотехнология. 2014. № 3. С. 21-32

5. Картушина Ю.Н., Полозова И.А., Ананьев Д.С. Определение оптимального соотношения исходных компонентов в сырьевой смеси для производства керамзита с использованием осадка после биологической очистки сточных вод// Электронный научный журнал Инженерный вестник Дона. 2014. №4.

6. Зинченко М.Г., Шапорев В.П. Технология переработки твердых бытовых отходов и осадков сточных вод в органоминеральные удобрения// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 149-152.

¹ *S. Timofeeva*, ² *L. Khudyakova*, ² *O. Voiloshnikov* (С.С. Тимофеева, Л.И. Худякова, О.В. Войлошников)

¹**National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk**

²**Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude**

ADVANCED TECHNOLOGY FOR UTILIZATION AND PRACTICAL USE OF HOST ROCKS AT MINING (ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ И ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД ПРИ ГОРНО-ДОБЫЧНЫХ РАБОТАХ)

Аннотация

Представлены результаты разработки перспективных технологий утилизации вмещающих магнийсиликатных пород в виде дунитов, серпентинитов, верлитов, троктолитов, оливиновых габбро в качестве строительных материалов. Проанализирован химический состав дунитов ряда месторождений республики Бурятии. Доказана целесообразность использования дунитовых отходов в качестве балластного щебня для железнодорожного полотна, а также при производстве тяжелых бетонов.

Россия занимает одно из ведущих мест в мире по запасам цветных и редких металлов, а по производству металлов платиновой группы - второе место. В настоящее время обрабатываются богатые месторождения, а месторождения с низким качеством руд, а также находящиеся в неблагоприятном географическом положении являются сырьевым резервом. Со временем они также будут вовлечены в производство, что создаст проблемы

отходов в виде пустой породы. Как известно добыча полезных ископаемых сопровождается большим объемом вскрышных и вмещающих пород, которые перемещаются в отвалы, создавая неблагоприятную экологическую обстановку на прилегающих территориях. Однако данные породы, в свою очередь, имеют определенные полезные свойства, которые можно использовать, получая при этом новые продукты и решая экологические проблемы, и создавать «зеленые» горнодобывающие предприятия.

Так при разработке месторождений меди, никеля, хрома, металлов платиновой группы в отвалы перемещаются огромные количества магний-силикатных горных пород в виде дунитов, серпентинитов, верлитов, троктолитов, оливиновых габбро и т.д.[1].

В настоящей работе проведена оценка перспективных технологии утилизации и практического использования вмещающих пород для минимизации экологических рисков, обусловленных горно-добычными работами.

Нами проанализированы возможные потенциальные источники экологических рисков на территории республики Бурятия и проведен сравнительный анализ возможных отходов производства и технологий их практического использования.

Республика Бурятия богата месторождениями полезных ископаемых, среди которых немало количество с медно-никелевым типом оруденения. Основная часть данных массивов находится в северной ее части на территории Байкало-Муйского пояса в Северобайкальском (западном) и Муйском (восточном) сегментах. Северобайкальская рудная зона включает Яршинский, Нюрундуканский, Гасан-Дякитский, Чайский, Авкитский, Верхнехолоднинский, Йоко-Довыренский массивы. Муйская – Шаманский, Парамский, Келянский, Маринкинский, Среднемамаканский массивы, массив Каалу и месторождения Молодежной группы.

В таблице 1. представлен химический состав дунитов некоторых месторождений республики Бурятия.

Таблица 1

**Химический состав дунитов различных месторождений
республики Бурятии, масс %**

Оксиды												
SiO	Al ₂	Fe ₂	FeO	Mg	Ca	TiO	Mn	Na ₂	K ₂ O	NiO	Cr ₂	ппп

	2	O ₃	O ₃		O	O	2	O	O			O ₃	
1	36,2 0	0,86	2,17	14,4 5	40,3 0	0,65	0,15	0,21	0,02	0,00	0,19	0,12	4,72
2	41,5 4	0,90	1,32	6,12	42,4 4	0,67	0,01	0,11	0,09	0,03	0,21	0,46	5,76
3	39,9 1	1,33	2,98	4,86	42,2 2	1,06	0,05	0,14	0,11	0,02	0,25	0,43	7,11
4	37,3 9	1,17	3,49	8,77	42,1 0	0,50	0,12	0,15	0,10	0,01	0,24	0,46	5,69
5	35,8 4	0,94	5,46	7,39	39,8 0	0,37	0,12	0,17	0,07	0,02	0,20	0,50	9,43
6	39,7 0	5,18	0,44	14,2 8	34,4 7	3,04	0,11	0,20	0,44	0,01	0,08	0,23	1,72
7	38,5 0	0,85	1,75	11,0 4	43,7 3	0,14	0,03	0,19	0,02	0,01	0,14	1,14	3,36
8	39,5 3	1,31	2,76	3,45	39,5 2	0,58	0,25	0,11	0,36	0,01	0,28	0,17	12,55
9	40,2 9	0,97	4,66	2,58	36,8 3	0,21	0,03	0,07	0,02	0	0,25	0,38	13,84

Примечание: 1 – дуниты Йоко-Довыренского массива; 2 – дуниты Шаманского массива; 3 – дуниты Парамского массива; 4 – дуниты Чайского массива; 5 – дуниты Гасан-Дякитского массива; 6 – дуниты Ньюрундуканского массива ; 7 – дуниты Маринскинского массива; 8 – дуниты Келянского массива; 9 - дуниты Яршинского массива.

Как видно из приведенных данных, по химическому составу дуниты различаются содержанием основных оксидов. Однако они имеют высокое содержание оксидов магния и железа, низкое содержание оксидов кальция, алюминия и щелочных элементов. Дуниты подвержены различной степени серпентинизации.

В целом, магнийсиликатные породы различных месторождений близки по составу и строению, поэтому могут быть использованы по однотипной технологии.

Одним из перспективных направлений использования отходов горнодобывающих предприятий являются отрасли стройиндустрии. На стадии выбора наилучших экологически чистых технологий утилизации данных пород исследованы дуниты Йоко-Довыренского дунит-троктолит-габбрового массива, принятого нами за модельную территорию. Было

определено качество дунитов и возможность их использования в производстве строительных работ.

Нами проведены испытания дунитового щебня в соответствии с ГОСТ 8269.0-97 “Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний”, ГОСТ 8267-93 “Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия” и ГОСТ Р 54748-2011 “Щебень из плотных горных пород для балластного слоя железнодорожного пути. Технические условия”, а также радиационно-гигиеническая оценка пород согласно ГОСТ 30108-94 “Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов”.

Экспериментально установлено, что значения суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов $A_{эфф}$ для дунита Йоко-Довыренского массива составляет 85,69 Бк/кг. По радиационным показателям образцы не превышают нормируемых значений СанПиН 2.6.1.2523-09 “Нормы радиационной безопасности” (НРБ-99/2009) и могут быть использованы для всех видов строительных работ

Щебень из дунитов соответствует требованиям ГОСТ 8267-93 и может использоваться в качестве заполнителей для тяжелого бетона, а также для дорожных и других видов строительных работ. Он относится к I группе щебня – кубовидной, обуславливающей большую прочность его зерен, а также возможность получения наиболее плотной утрамбовки строительных материалов, что делает его использование экономически выгодным. Данный вид щебня также соответствует требованиям ГОСТ Р 54748-2011 для щебня категории I и может быть использован для балластного слоя железнодорожного пути.

В настоящее время сырьевые строительные материалы производятся на мелких предприятиях, эксплуатирующих небольшие месторождения. Наиболее перспективным и экономически выгодным является использовать породы, находящиеся в отвалах, так как при этом исключается проведение буровзрывных работ и первичное дробление горной массы. В частности, магнийсиликатные породы (дуниты), находящиеся в отвалах, после крупного дробления можно сразу подавать на грохочение и разделение по классам крупности: 0-5 мм, 5-20 мм, 20-40 мм, 25-60 мм, 40-80 (70) мм, а по согласованию с заказчиком, свыше

80 (70) мм. Породы крупнее 80 (70) мм должны поступать на среднее дробление, а затем назад на грохочение. Щебень нужной фракции можно использовать для получения строительных материалов или проведения строительных работ, а также в дорожном строительстве [1].

Нами проведен сравнительный анализ строительных материалов, в частности бетонов на основе дунитового щебня и гранитного щебня и гравия.

В качестве примера рассмотрим возможность использования щебня из дунитов Йоко-Довыренского массива в виде крупного заполнителя при производстве бетонов. Гранулометрический состав щебня представлен в таблице 2, из которой видно, что более 60% щебня представлено частицами размером от 20 до 40 мм. Частицы размером менее 5 мм составляют 2,2%.

Таблица 2

Гранулометрический состав щебня из дунитов

Остатки на ситах	Размеры сит в мм				Проход
	40	20	10	5	
Частные, г	620	11800	4840	2300	440
Частные, %	3,1	59,0	24,2	11,5	2,2
Полные, г	620	12420	17260	19560	20000
Полные, %	3,1	62,1	86,3	97,8	100

В качестве мелкого заполнителя использовали кварцевый песок с модулем крупности $M_k=2,5$, в качестве вяжущего - портландцемент марки М400Д0 Тимлюйского цементного завода. Расход щебня всех видов в составе бетонов оставался равным по массе, расход цемента - постоянным. Подвижность бетонных смесей во всех случаях составляла 1-4 см.

Полученные данные показывают (таблица 3), что в первые 7 суток твердения происходит основной набор прочности бетона (более 50%), который постепенно замедляется. Бетон, приготовленный на щебне из дунита, имеет более высокие показатели прочности, чем бетоны на гранитном щебне и гравии.

Таблица 3

Механические показатели бетона в зависимости от вида крупного заполнителя

Вид крупного заполнителя	Предел прочности при сжатии, МПа в возрасте	
	7 суток	28 суток
щебень из дунита	18,3	28,8
щебень из гранита	16,0	27,3
гравий	15,8	26,2

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что одним из направлений использования отходов горнодобывающей промышленности в виде дунитов является производство тяжелых бетонов. Их также можно применять в цементной и керамической промышленности, в дорожном строительстве. Кроме того, использовать как декоративный камень для отделки интерьеров и при строительстве бань и саун (экологически чистые, выдерживают многократный нагрев и охлаждение).

В заключении следует заметить, что решение вопросов использования отходов горнодобывающей промышленности, в частности, магнийсиликатных пород (дунитов), позволит комплексно осваивать минеральные ресурсы с организацией малоотходного производства при разработке месторождений полезных ископаемых.

Литература

1. Худякова, Л. И. Магнийсиликатные отходы горнодобывающей промышленности и технологии их утилизации / Л. И. Худякова, О. В. Войлошников, С. С. Тимофеева. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2014. - 177 с.

N. Tkach, V. Golovin, P. Medved (Н.С. Ткач, В.Л. Головин, П.В.Медведь)

FEFU, Vladivostok

**PURIFICATION OF WASTEWATER FROM OIL PRODUCTS
IN CARTRIDGE SLOW FILTERS (ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД
ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА КАССЕТНЫХ МЕДЛЕННЫХ ФИЛЬ-
ТРАХ)**

Аннотация

Рассмотрены вопросы очистки нефтесодержащих вод на медленных фильтрах новой конструкции. В устройстве устранены основные недостатки медленных фильтров традиционной конструкции с горизонтальной фильтрующей поверхностью, а именно снижены габаритные размеры и улучшены технологические характеристики путем вертикального расположения фильтрующих элементов и обеспечения непрерывности работы устройства, за счет возможности регенерации фильтрующей загрузки вне устройства.

Уровень техногенной нагрузки на окружающую среду непрерывно растет, что ведет к ужесточению требований экологической защиты природных объектов и определяет необходимость совершенствования способов и устройств очистки сточных вод. Одним из наиболее опасных загрязняющих факторов для водных объектов являются нефтепродукты. Загрязнение водоемов нефтепродуктами является очень стойким и распространяется на большие расстояния. Процессы самоочищения в загрязненных нефтепродуктами водоемах протекают очень медленно. Флора и фауна водоемов, и прежде всего рыба с ее кормовыми объектами – планктоном и бентосом, испытывают сильное токсическое воздействие нефтепродуктов. В связи с этим очистка нефтесодержащих сточных вод имеет большое значение.

Возможным способом очистки сточных вод от нефтепродуктов является их обработка на медленных фильтрах, так как этот способ может применяться для некоагулированной воды, содержащей примеси относительно малых размеров. Медленные фильтры с горизонтальной фильтрующей поверхностью были первым типом фильтров, применявшихся в водопроводной практике [1]. Их достоинством является высокая степень осветления воды и высокий процент задержания бактерий. При содержа-

нии взвешенных веществ в исходной воде от 25 до 50 мг/л скорость фильтрования соответственно принимают в пределах 0,2-0,1 м/ч. Это обуславливает большую площадь медленных фильтров и, следовательно, их высокую строительную стоимость.

Для регенерации загрузки в фильтрах традиционной конструкции с горизонтальной фильтрующей поверхностью с фильтра снимают загрязненный верхний слой песка толщиной 1-2 см. Извлечение заиленного слоя загрузки медленного фильтра, при большой его площади, является трудоемкой и дорогой операцией, требующей его остановки, опорожнения и, как следствие. Учитывая значительную строительную стоимость, большие размеры требуемой для их устройства площади и сложность очистки, последние 40 лет медленные фильтры практически исключены из проектной и строительной практики водопроводно-канализационного хозяйства России (бывшего СССР).

Особенность очистки сточных вод на медленных фильтрах определяется тем, что частицы загрязнителя малых размеров задерживаются биологической пленкой. Именно микроорганизмы способствуют деструкции углеводородов на молекулярном уровне, что обуславливает привлекательность очистки нефтесодержащих сточных вод на медленных фильтрах.

С целью улучшения технологических характеристик устройств медленного фильтрования на кафедре ИСЗиС ДВФУ разработано устройство (рис. 1), в котором устранены основные недостатки медленных фильтров, а именно снижены габаритные размеры и упрощена эксплуатация за счет вертикального расположения фильтрующих поверхностей и обеспечения возможности регенерации фильтрующей загрузки вне устройства и, следовательно, непрерывности работы устройства.

Разработанное устройство работает следующим образом. В резервуар 1 по подающему трубопроводу 2 через патрубки подачи 3 в камеры седиментационного осветления 8 подают нефтесодержащую сточную воду после первичных нефтеловушек при закрытом коллекторе отвода очищенной жидкости 10, чтобы установить необходимый перепад давлений. Когда уровень воды с обратной стороны кассеты превысит уровень крышки кассеты 4, открывают коллектор отвода очищенной жидкости 10 и устанавливают расход жидкости, обеспечивающий скорость фильтрации 0,1-0,2 м/ч.

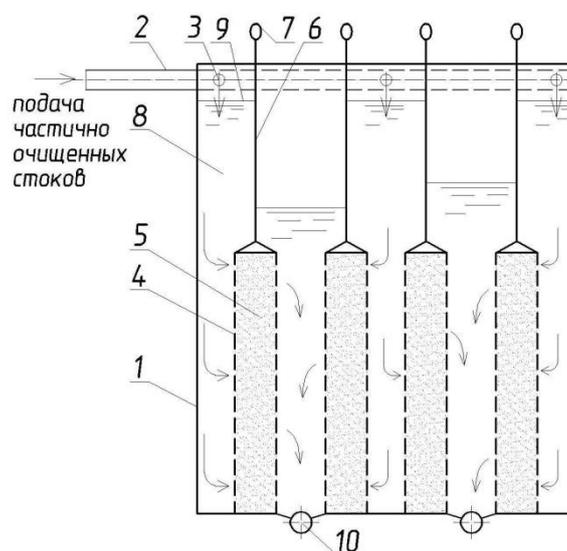


Рис. 1. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод медленным фильтрованием: 1 – резервуар, 2 – подающий трубопровод, 3 – патрубки подачи, 4 – сменные кассеты, 5 – фильтрующая загрузка, 6 – вертикальная водонепроницаемая перегородка, 7 – кольца, 8 – камера седиментационного осветления, 9 – уровень максимального наполнения медленного фильтра; 10 – перфорированный коллектор отвода очищенной жидкости.

За счет установившегося перепада давления очищаемая вода проходит через кассеты 4 с вертикальной фильтрующей поверхностью. При этом на фильтрующей загрузке 5 первоначально задерживаются только частицы, размер которых больше размера пор фильтрующего материала. Слой осадка (пленка), образующийся из задержанных частиц, сам по себе является фильтрующим материалом и играет основную роль в очистке воды, а загрузка фильтра служит поддерживающей опорой для отлагающихся на ее поверхности загрязнений [1].

Очищенная вода выходит с противоположной стороны кассет 4 и отводится через перфорированный коллектор отвода очищенной жидкости 10.

Регенерация фильтрующей загрузки 5 осуществляется при достижении предельно допустимой кольматации ее фронтального слоя. Об этом свидетельствует положение уровня воды в вертикальном стояке ниже отметки крышки кассеты 4. Извлечение и замена кассет 4 осуществляется вытягиванием за кольца 7 поочередно при отключенной задвижке патрубка подачи 3, а также коллекторе 10, на котором установлена заменяемая кассета, без отключения всего медленного фильтра.

Представленное устройство позволяет сократить габаритные размеры медленных фильтров более чем в 5 раз за счет вертикальной компоновки фильтрующих элементов. Непрерывность работы устройства обес-

печивается поочередной регенерацией фильтрующей загрузки вне устройства, без необходимости его остановки.

Литература

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1974, 480 с. – с.282.

*O. Tsybul'skaya^{1,2}, T. Ksenik², A. Yudakov^{1,2}, V. Slesarenko¹, A. Kisel²,
A. Perfiliev^{1,2} (О.Н. Цыбульская, Т.В. Ксеник, А.А. Юдаков,
В.В. Слесаренко, А.А. Кисель, А.В. Перфильев)*

¹Institute of Chemistry FEB RAS

²FEFU, Vladivostok

THE USE OF METAL WASTE FOR NEUTRALIZATION OF CHROMIC GALVANIC WASTEWATER (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОКОВ)

Аннотация

В работе представлены результаты изучения возможности использования металлической стружки для утилизации хромосодержащих отходов гальванического производства с получением осадка пригодного для дальнейшей переработки. Представлена конструкция реактора восстановителя двухступенчатого типа с активной загрузкой. Рассмотрены технологические особенности применения железной стружки в качестве реагента восстановителя. Определено влияние удельной поверхности активной загрузки и температуры на скорость и полноту протекания реакции восстановления шестивалентного хрома.

Современное гальваническое производство не может функционировать не вырабатывая значительное количество экологически опасных отходов (гальванических шламов), многие из которых относятся к особо токсичным веществам сложного и нестабильного состава. К трудно нейтрализуемым относятся жидкие гальванические отходы, содержащие соединения шестивалентного хрома. Разработка способов экологически

приемлемой и экономически оправданной утилизации таких отходов является чрезвычайно актуальной.

Для нейтрализации хромсодержащих отходов применяются различные методы, в том числе, электрокоагуляционный, гальванокоагуляционный, ионообменный, электродиализный и др., в ряде которых используется дорогостоящее оборудование и реактивы. Наиболее простым в реализации и распространенным способом нейтрализации жидких хромсодержащих отходов является реагентный. В качестве реагентов-восстановителей применяют натриевые соли сернистой кислоты (сульфит, бисульфит), сульфат двухвалентного железа, пероксид водорода, сернистый газ, гидразин [1], имеющие свои преимущества и недостатки.

Авторами работы проведен ряд экспериментов по изучению технологических особенностей реагентной обработки концентрированных и разбавленных хромсодержащих растворов [2, 3]. Интересным представлялось использование в качестве восстановителей хрома железосодержащих реагентов. В частности сульфат двухвалентного железа находит применение при нейтрализации хромсодержащих стоков методом ферритизации. Очистка сточных вод ферритным методом заключается в сорбции ионов тяжелых металлов магнитными гидроокисями железа, образовании ферритов с последующей топомхимической реакцией захвата сорбированных веществ кристаллической решеткой феррита [1].

Известно, что использование железной стружки, образующейся как отход металлообработки, является достаточно эффективным для восстановления шестивалентного хрома при его невысокой концентрации в гальваностоках. В литературе имеется ряд данных по результатам опытов, проведенных на специально подготовленных модельных растворах. С целью более точного определения технологических условий и режимов применения железной стружки были проведены эксперименты по нейтрализации реальных хромсодержащих отходов гальванического производства различной концентрации.

На основании этих опытов разработан реактор-восстановитель двухступенчатого типа, рис.1. Реактор состоит из двух отсеков из нержавеющей стали. В каждый отсек устанавливаются кассеты с активной загрузкой (металлическая стружка). Первоначально раствор подается в первый отсек реактора, где выдерживается определенное время. В случае недостаточной полноты прохождения реакции в первом отсеке раствор через па-

трубок поступает во второй отсек реактора, где производится его обработка до норм ПДК по содержанию хрома. Для успешного протекания процесса в реакторе осуществляется интенсивный барботаж воздуха через слой активной загрузки, в результате чего обеспечивается отвод образующихся продуктов реакции от поверхности стружки. Для интенсификации процесса в конструкции предусмотрены нагревательные элементы.

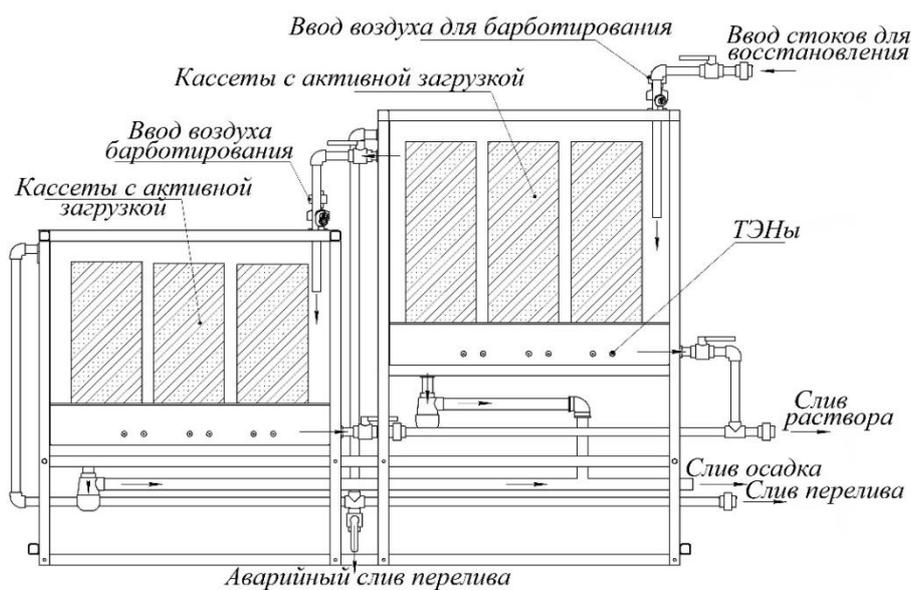


Рис. 1. Реактор восстановитель с активной загрузкой

В проведенных опытах обрабатывались промывные и сточные воды гальванического производства, а также отработанные хромсодержащие электролиты. Перед использованием стружку предварительно обезжирили, по своему химическому составу стружка соответствовала отходам металлообработки стали марки Ст3. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа показали содержание железа – $98,54 \pm 4,93\%$, марганца – $0,61 \pm 0,23\%$. Для определения реакционной способности стружкоотходов был произведен размол стружки и получение активной загрузки различной крупности, образцы представлены на рис. 2

Сравнение активной загрузки производили по насыпной плотности, которая определялась при заполнении постоянной емкости измельченным порошком через волюмометр с последующим определением массы и вычислением насыпной плотности, результаты приведены в таблице 1. Волюмометр был выбран с учетом плохой текучести полученного порошка (ГОСТ 19440-74).

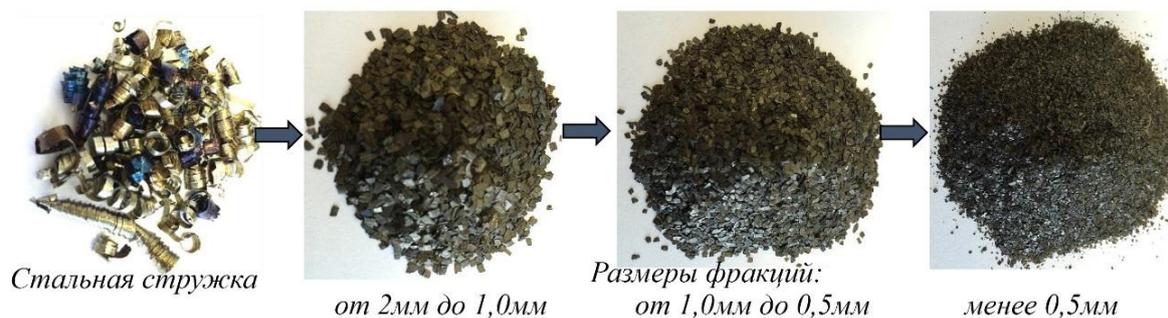


Рис. 2. Образцы активной загрузки

Удельную поверхность порошка с фракционным составом менее 0,5 мм измеряли по методу БЭТ в соответствии с ГОСТ 23401-90 и методу STSA на приборе СОРБОМЕТР-М (Россия). Площадь удельной поверхности составила: $S_{уд.} (БЭТ) = 0,077 \text{ м}^2/\text{г}$; $S_{уд.} (STSA) = 0,109 \text{ м}^2/\text{г}$.

Хромосодержащие отходы с рН 2-3 обрабатывались в слое активной загрузки, при этом происходило растворение металла с образованием двухвалентного железа и последующее окисление двухвалентного железа до трехвалентного.

Концентрация металлов в пробах растворов определялась методом атомно-абсорбционного анализа на атомно-абсорбционном спектрофотометре Thermo Solaar M. GF95Z (США). Содержание Cr общего в пробе отработанного электролита составляло 55238 мг/л. Результаты анализа раствора после фильтрации электролита через слой активной загрузки представлены в таблице 1.

Проведенные эксперименты показали, что обработка электролита с использованием активной загрузки, полученной из железной стружки, позволяет значительно снизить содержание хрома в растворе (от 55238 мг/л до 2433 мг/л), при этом степень измельчения стружки заметно влияет на остаточную концентрацию хрома в отфильтрованном растворе. Обработка слабо концентрированных промывных и сточных вод в реакторе с активной загрузкой снижает содержание хрома общего в фильтрате до норм ПДК. Установлено, что скорость и полнота протекания реакции зависит от условий её проведения, а именно, от температуры, обеспечения интенсивного барботирования и насыпной плотности загрузки, то есть от площади активной поверхности. Повышение температуры до 80°C благоприятно влияет на протекание реакции восстановления хрома.

Изменение концентрации хрома в фильтрате при различных режимах обработки электролита

№ пробы	Режим обработки				Концентрация хрома (общ.) в фильтрате после обработки, мг/л
	Активная загрузка		t, °С	время, мин	
	Гранулометрический состав, мм	Насыпная плотность, г/см ³			
1	Более 2	2,277	20	30	9156
2	от 2 до 1,0	2,594	20	30	7452
3	от 1 до 0,5	3,13	20	30	3238
4	менее 0,5	3,44	20	30	2433
5	от 2 до 1,0	2, 594	80	30	3024

Таким образом, предварительно подготовленные отходы металлообработки могут быть эффективно использованы для очистки слабо концентрированных гальваносток, а также в дополнительной ступени технологической цепи для обезвреживания отходов гальванического производства различной концентрации.

Литература

1. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. М.: Глобус, 1998. 302 с.
2. Цыбульская О.Н., Ксеник Т.В., Юдаков А.А., Слесаренко В.В., Перфильев А.В., Кисель А.А. Особенности реагентной обработки хромосодержащих стоков гальванического производства // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. – Днепропетровск: НПК "Триакон", 2015. - Вып. 1(16) - С.74-78.
3. Патент RU 2557608. Способ утилизации отработанных электролитов хромирования, 2015.

V. Tyminsky¹, G. Tyminsky², N. Tolmacheva³, E. Zelinskaya³
(В. Тымински, Г. Тымински, Н.А. Толмачева, Е.В. Зелинская)

¹Europäische Akademie der Naturwissenschaften,

²Europäische Wissenschaftliche Gesellschaft,

³National Research Irkutsk State Technical University)

**INTERNATIONAL TRAINEESHIP – INSTRUMENT OF CAPACITY
BUILDING IN WASTE MANAGEMENT SPHERE
(МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАЖИРОВКИ – ИНСТРУМЕНТ
ПОВЫШЕНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ
ОТХОДАМИ)**

Аннотация

В работе представлены результаты сотрудничества между ИРНИТУ и Европейской Академией естественных наук по организации международных стажировок в области управления отходами. Стажировки имеют целью повышение уровня и глубины знаний специалистов, работающих в данной сфере. Стажировки представляют интерес для работников ВУЗов, научно-исследовательских институтов и проектных организаций, а также для представителей бизнеса.

Актуальность проблемы утилизации отходов продолжает возрастать. Далеко не все государства в состоянии стабилизировать либо сократить объемы бытовых отходов или добиться высокой эффективности их переработки и компостирования. За последние несколько десятков лет Европейским Союзом был принят ряд программ, целью которых является сокращение количества и наращивание объемов переработки отходов, в том числе и производство из них удобрений. Среди таких документов – Рамочная директива по утилизации отходов (Waste Framework Directive), разработка новой версии которой сейчас находится на завершающей стадии, а также Директива в отношении захоронения отходов (Landfill Directive), направленная на сокращение объемов неочищенных органических отходов, направляемых на полигоны для захоронения. Была разработана – сейчас уже общепринятая – структура вариантов управления ликвидацией отходов. Ею предусматривается, что предпочтительными методами являются (в порядке убывания): снижение объемов отходов, возможность многократного применения, использование после вторичной переработки, энергетическая утилизация отходов и окончательное их удаление.

В России проблема утилизации отходов сейчас является предметом пристального внимания всего общества, начиная с законодательных изменений и заканчивая формированием реальной системы обращения с отходами в каждом муниципальном образовании.

Иркутский национальный исследовательский технический университет работает в сотрудничестве с Европейской Академией естественных наук в Германии (Ганновер) и Европейским научным обществом в рамках договора о сотрудничестве по организации образовательных и научных мероприятий, направленных на повышение уровня компетентности специалистов в сфере организации обращения с отходами.

Учитывая положительный опыт и самые лучшие отзывы о мероприятиях Европейского научного общества, а также результаты исследования независимого исследовательского института Economist Intelligence Unit (EIU), согласно которым Ганновер входит в число 18 самых «зеленых» городов Европы (Green City Index), мы, начиная с 2011 года, ежегодно совместно проводим экологические стажировки в Германии. Руководитель стажировок – V. Tyminsky профессор, д.т.н. президент Академии Естественных наук в Ганновере (Германия)

Тематика стажировок: «Управление защитой окружающей среды в Германии, экотоксикология и новые технологии в управлении отходами», «Исторические, правовые, экономические и организационные аспекты функционирования малых экологических инновационных предприятий в Европе, вопросы международного сотрудничества» и другие.

Программа стажировок включает:

- обучение и консультации с немецкими специалистами, работающими в сфере экологической безопасности, управления отходами, проектирования, экологического консалтинга и менеджмента, водоснабжения, теплоснабжения, энергосберегающих систем жизнеобеспечения;
- обмен опытом муниципального управления экологической безопасностью;
- обмен опытом по деятельности малых инновационных предприятий Германии, реализующих экологические технологии;
- посещение предприятий нижней Саксонии (Германия), специализирующихся в области утилизации и вторичного использования отходов, энергосбережения, а также водоочистки и водоподготовки и т.д.

В рамках стажировки посещаются объекты, которые представляют наибольший интерес для специалистов, работающих в области экологии, экологического проектирования, обеспечения инфраструктуры. Это такие предприятия и объекты, как городское мусороперерабатывающее предприятие «Abfallwirtschaft (Aha)»; энергетическое предприятие «E.ON Energy from Waste»; водоочистительные предприятия (водоподготовка),

работающие на древесных отходах (генерация тепла); аэропорт Ганновера (экологические поля фильтрации); фирма «Conergy», специализирующаяся на проектировании, поставке, комплексном наборе работ для развития солнечных энергетики; фирма «STEAG Energy Services» GmbH – пятый по величине генератор электроэнергии в Германии; электростанция «Kraftwerk Herrenhäusegarten»; Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik; фирма «Abfalltechnik & Recycling SSI SCHÄFER FRITZ SCHÄFER» GmbH; министерство горных разработок, энергии и геологии Нижней Саксонии (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie); экспериментальный экологический район Ганновера – Kronsberg, представляющий собой комплексный пример дальновидного планирования и строительства; Kronsberg – это район города с исключительно высоким энергетическими и экологическими стандартами.

В рамках стажировки проходят семинары совместно с европейскими коллегами, работающими в области управления отходами и экологической безопасности по различным тематикам, например «Перспективы развития экологического инновационного бизнеса в Европе», «Организацией охраны окружающей среды и жизнеобеспечения», «Проектирование на основе экологических стандартов».

За пять лет участниками данных мероприятий стали около 150 представителей предприятий, научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений России, Казахстана, Украины, Белоруссии, Китая.

Стажировки являются важным шагом для развития международного сотрудничества в экологической сфере, позволяют обменяться опытом в сфере управления отходами, которая является важной составляющей для реализации программы повышения эффективности российской экономики и улучшения среды обитания.

P. Fedotov, K. Fedotov, A. Burdonov, E. Zelinskaya, T. Samsonenko
(П.К. Федотов, К.В. Федотов, А.Е. Бурдонов, Е.В. Зелинская,
Т.Е. Самсоненко)

National Research Irkutsk State Technical University

COLUSITE DEPOSIT ORE SAMPLES PROPERTIES RESEARCH (ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОБ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОЛОВЯННЫХ РУД)

Аннотация

Целью работы являлось исследование прочностных свойств руды и шихты для последующей разработке рациональной технологии переработки оловосодержащей руды месторождения «Сырымбет» с учетом решения вопросов комплексного использования минерального сырья и охраны окружающей природной среды. В ходе проведения работ были изучены прочностные свойства проб руды, пробы шихты руды гравитационными методами. На основе анализа результатов, ранее выполненных НИР и исследований шихты проб рассмотрены два варианта технологических схем для переработки руды месторождения «Сырымбет».

Высокие концентрации благородных металлов выявлены во многих редкометалльных месторождениях Сибири, Монголии, Казахстана. В последние годы все более пристальное внимание обращается на нетрадиционные источники благородных металлов. Определяется это в первую очередь совершенствованием технологии и перспективой их попутного извлечения в условиях роста спроса и цен на них. Комплексное изучение состава руд месторождений, таких как месторождение Сырымбет, на основе количественных инструментальных методов является основой новых фундаментальных знаний об условиях рудообразования [1]. Месторождение Сырымбет является единственным в Казахстане и крупнейшим в Центральной Азии месторождением олова, а его разработка перспективной и актуальной [2].

Целью работы являлось исследование прочностных свойств руды и шихты для последующей разработке рациональной технологии переработки оловосодержащей руды месторождения «Сырымбет» с учетом решения вопросов комплексного использования минерального сырья и охраны окружающей природной среды.

Исследования в ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» и НИиПИ «ТОМС» проводили на двух пробах руды, характеризующих коры выветривания и представляющие Центральный участок месторождения «Сырымбет» (ЛТП №1; ЛТП №2 – которая состоит из двух проб №С-2 и №С-3). Масса проб 1200 и 950 кг соответственно.

Дополнительно для исследования физико-механических свойств руд исследована малая проба первичных руд, также характеризующая центральный участок месторождения (МЛТП №1). Масса пробы 50 кг.

Результаты изучения физико-механических свойств проб руды участка коры выветривания и первичной руды приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сводные результаты изучения прочностных свойств проб руды месторождения «Сырымбет»

Наименование показателя	Ед. изм.	Наименование пробы	
		МЛТП №1 (первичная)	ЛТП №1 (кора выветр.)
Предел прочности при одноосном растяжении	МПа	13,52	-
Предел прочности при одноосном сжатии	МПа	57,42	-
Коэффициент крепости по М.М. Протодяконову	-	5,7 (довольно крепкие, IV категории)	-
Индекс ударного дробления Бонда, CW_i	кВт·ч/т (кВт·ч/кор.т)	13,83 (12,54)	-
Индекс абразивности Бонда, A_i	гр.	0,1170	-
Рабочий индекс измельчения Бонда (стержневая мельница), RW_i	кВт·ч/т (кВт·ч/кор.т)	20,23 (18,36)	-
Рабочий индекс измельчения Бонда (шаровая мельница), BW_i	кВт·ч/т (кВт·ч/кор.т)	16,28 (14,77)	11,74 (10,65)

Каждая из поступивших проб (ЛТП №1; ЛТП №2) была протестирована с целью уточнения содержания в ней олова и предварительной оценки технологических свойств. При этом на пробе ЛТП №1, как более богатой, была выполнена дополнительная программа тестов, позволяющих изучить технологические свойства руды в разных обогатительных операциях.

Комплексные технологические исследования проводили на шихте проб ЛТП №1, ЛТП №2. Шихта сформирована для получения заданного содержания олова в руде. По согласованию с АО «Сырымбет» содержание олова в шихте проб должно составлять 0,7-0,8%. Выполнены исследова-

ния по гидравлической классификации, обогащению на винтовом сепараторе, концентрационном столе и центробежном сепараторе.

В таблице 2 приведены сводные результаты, полученные при изучении технологических свойств пробы шихты руд.

Таблица 2

Сводные результаты исследований пробы шихты руды месторождения «Сырымбет» гравитационными методами

Наименование параметра	Тесты			
	Гидроклассификация	Винтовой сепаратор	Концентрационный стол	Центробежный сепаратор CVD
Содержание Sn в исходной руде, %	0,79			
Выход концентрата, %	50,56	7,92-18,89	0,74-4,81	2,88-22,73
Извлечение Sn в концентрат, %	83,60	28,57-50,19	38,41-53,27	38,81-75,96
Содержание Sn в хвостах, %	0,27	0,61-0,49	0,49-0,39	0,50-0,25

В результате исследования пробы шихты руд были сделаны следующие выводы:

1. Гидравлическая классификация работает достаточно эффективно. При выходе слива 45-50% крупностью P80 (10-14) мкм крупность частиц касситерита составляет не более 10 мкм. Извлечение касситерита крупностью менее 10 мкм затруднительно и нецелесообразно, так как требуется значительное усложнение технологии при низком качестве получаемого продукта. В связи с этим слив рекомендуется направлять в хвосты.

2. Фракция +0,5 мм в измельченной руде преимущественно содержит касситерит в сростках с породой. Обогащение фракции +0,5 мм не позволяет значительно увеличить извлечение металла или качество концентратов, поэтому нецелесообразно. Рекомендуется измельчение фракции +0,5 мм и первичное обогащение руды на крупности минус 0,5 мм.

3. Обогащение руды на винтовых сепараторах протекает недостаточно эффективно вследствие наличия тонких зерен касситерита. При этом извлечение значительно ниже, чем при обогащении на концентрационных столах. Для более полного извлечения олова рекомендуется применение винтовых сепараторов только в комбинированных схемах.

4. Руда месторождения «Сырымбет» достаточно эффективно обогащается на концентрационных столах. Уровень извлечения при последовательном обогащении руды достаточно высокий – 53,27%. Принимая во внимание высокие показатели обогащения на столе, рекомендуется применение концентрационного стола для обогащения руды и доводки черновых концентратов.

5. Получены высокие показатели обогащения руды на центробежном концентраторе с постоянной разгрузкой концентрата (КС CVD). Данный процесс может быть рекомендован для обогащения руды месторождения «Сырымбет». С учетом высокой удельной плотности исходной руды, для обеспечения в промышленных условиях эффективной работы концентраторов рекомендуется выполнение нескольких условий: удельная нагрузка не более 75% от номинальной; операция предварительного обогащения на винтовых сепараторах для вывода крупных тяжелых минералов.

На основе анализа результатов, ранее выполненных НИР и исследований шихты проб рассмотрены два варианта технологических схем для переработки руды месторождения «Сырымбет».

Для оценки эффективности предлагаемых схем и получения исходных данных для разработки регламента выполнены укрупненные тесты. По результатам укрупненных тестов выбран наиболее перспективный вариант технологической схемы для реализации в промышленном масштабе.

Конечные показатели технологических исследований по перспективному варианту схемы приведены в таблице 3. Обогащение руды проводили с предварительной классификацией рудного материала и удалением отвального шлама.

По рекомендуемому варианту технологической схемы предусмотрено получение двух типов кондиционных концентратов:

- богатый концентрат с содержанием олова 45,33%;
- богатый промежуточный продукт с содержанием олова 4,89%.

Извлечение олова в суммарный концентрат составил 56,1%.

Таблица 3

Сводные результаты обогащения по рекомендуемой схеме

Продукт	Выход, %	Содержание Sn, %	Извлечение Sn, %
Богатый концентрат 1	0,61	45,33	34,56
Бедный концентрат, в т.ч.:	3,52	4,89	21,54
Бедный концентрат 2	1,91	4,73	11,30

Продукт	Выход, %	Содержание Sn, %	Извлечение Sn, %
Бедный концентрат 3	1,01	5,33	6,74
Бедный концентрат 4	0,6	4,67	3,50
Суммарный концентрат	4,13	10,87	56,10
Всего хвосты (хвосты обогащения + слив)	95,87	0,37	43,90
Исходная руда	100,00	0,80	100,00

Литература

1. Поцелуев А.А. Золото в рудах редкометалльного месторождения Сырымбет (Северный Казахстан) // Поцелуев А.А., Перегудов В.В., Бабкин Д.И. / Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 1. – С.41-45.

2. Бабук А.В. Исследования рудоподготовительных процессов и обогатимости для оловосодержащей руды месторождения Сырымбет // Бабук А.В., Галютин А.Ю., Голиков В.В. / Обогащение руд. – 2009. – № 4. – С.11-14.

*E. Filonova, O. Gamayunova, V. Chaika, N. Khristoforova, K. Golokhvast
(Е.А. Филонова, О.А. Гамаюнова, В.В. Чайка, Н.К. Христофорова,
К.С. Голохваст)*

FEFU, Vladivostok

THE INFLUENCE OF COAL TERMINALS ON COASTAL WATERS ON THE EXAMPLE OF VOSTOCHNIY PORT (ВОЗДЕЙСТВИЕ УГОЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ НА ПРИБРЕЖНЫЕ АКВАТОРИИ НА ПРИМЕРЕ ПОРТА ВОСТОЧНЫЙ)

При всей привлекательности для отечественных портов роста объемов перевалки угля определенное опасение вызывает возрастающая техногенная нагрузка на окружающую среду, иными словами – экологическая безопасность эксплуатации угольных терминалов.

Несмотря на важный экономический эффект от угольного терминала, а в случае города Находка и поселка Врангель - одно из градообразующих предприятий, необходимо оценить экологическое влияние угольного объекта на морскую среду.

Данная работа посвящена исследованиям вещественного состава взвесей морской акватории вблизи угольного терминала порта Восточный в заливе Находка.

Материалы и методы

Отбор проб проводился в мае (1 отбор), августе (2 отбор) и октябре (3 отбор) 2014 г. Всего было отобрано 66 проб из 11 точек.

Пробы в придонном слое отбирались при помощи водолаза с использованием батометра. Отбор проб проходил в штиль. Температура отбираемой морской воды колебалась от +20⁰С до +23⁰С.

Таблица 1

Описание точек отбора

Номер точки	Описание
1	Канал в озеро Второе
2	Кут Козьмино
3	Кекуры Бакланьи
4	Скалы напротив терминала
5	Навигационный знак
6	Бухта Врангеля, строящийся пирс
7	Мыс Петровского
8	Рифы п/д угольным пирсом
9	Пирс гидрографии
10	Мыс Красный

Нами применяется метод исследования частиц морской взвеси с помощью сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом (S-3400N (Hitachi, Japan)).

Исследования проводились с использованием оборудования ЦКП «Межведомственный центр аналитического контроля состояния окружающей среды» ДВФУ.

Результаты

В пробах, собранных с мая по октябрь, мы обнаруживали различные силикаты и алюмосиликаты, органический детрит (диатомовые, таллом водорослей), уголь, моноциты, неопределяемые агрегаты.

Стоит отметить, что, судя по нашим наблюдениям, доля угольных частиц в воде залива Находка составляет от 7% (вдали от терминала) до 53% (ближайшая к терминалу точка). Это неблагоприятный прогностиче-

ский признак, который в дальнейшем может привести к гибели фитопланктона, основных фильтраторов (моллюсков) и мальков рыб.

Как показывают исследования других ученых (Журавель и др., 2009, 2012; Федорец, 2015) залив Находка испытывает явное отрицательное техногенное влияние. В частности, Ю.В. Федорец (2015) указывает на значительное загрязнение вод бухты и невысокий репродуктивный потенциал популяций донных беспозвоночных.

Ввиду этого необходимо усилить контроль за выполнением природоохранных мероприятий предприятиями-загрязнителями морской акватории.

Литература

1. Журавель Е.В., Маркина Ж.В., Подгурская О.В. Оценка загрязнения поверхностных вод залива Находка методом биотестирования // Проблемы региональной экологии, 2009. №2. С. 117-122.

2. Журавель Е.В., Христофорова Н.К., Дроздовская О.А., Токарчук Т.Н. Оценка состояния вод залива восток (залив Петра Великого, Японское море) по гидрохимическим и микробиологическим показателям // Известия Самарского научного центра РАН, 2012. Т. 14, № 1-9. С. 2325-2329.

3. Федорец Ю.В. Исследования зоопланктона бухты Врангеля (залив Находка, Японское море) // Вестник Московского государственного областного университета. серия: Естественные науки, 2015. №3. С. 66-74.

4. Шулькин В.М. Металлы в экосистемах морских мелководий. Владивосток: Дальнаука, 2004. 279 с.

*¹ O. Vyatchina, ¹ G. Zhdanova, ⁴ A. Ponomareva, ³ N. Shipitsin, ^{2,3} D. Stom
(О. Ф. Вятчина¹, Г. О. Жданова¹, А. Л. Пономарева⁴, Н. В. Шипицин³,
Д. И. Стон^{2,3})*

1Irkutsk State University, Irkutsk

2Baikal Museum of the Irkutsk scientific center SB RAS, Listvyanka

3National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk

4Somov Institute of Epidemiology and Microbiology, Vladivostok

THE APPLYING OF YEAST *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* FOR RAPID ESTIMATION OF SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES' TOXICITY (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ДЛЯ ЭКСПРЕССНОЙ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ПРИОРИТЕТНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ ОТХОДОВ И ИХ ДЕТОКСИКАЦИИ)

Аннотация

Для оценки токсичности ряда солей тяжелых металлов, поверхностно-активных веществ, пестицидов, ароматических соединений использована тест-реакция на основе пенообразующей активности дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Новый биотест показал более высокую чувствительность к исследуемым токсикантам по сравнению с ростовой функцией дрожжей. Результаты биотестирования сопоставлены с данными, полученными при использовании общепринятых методов биотестирования. Преимуществами новой тест-реакции является экспрессность, низкие материальные затраты, хорошая воспроизводимость.

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* являются перспективной эукариотической моделью для токсикологических биоэкспериментов. В литературе имеются сведения об использовании *S. cerevisiae* для биотестирования разного рода поллютантов, оценки токсикогенетической активности загрязненных сред [5, 6, 7, 8, 9]. Однако большинство известных биотестов с применением *S. cerevisiae* отличаются трудоемкостью, требуют дорогостоящего аппаратного обеспечения. Известно, что *S. cerevisiae* как дрожжи верхового брожения, интенсивно формируют пену на поверхности сбрасываемой жидкости [10]. Ранее нами был предложен биотест, основанный на этой способности пекарских дрожжей, отличающийся экспрессностью, методической простотой, хорошей воспроизводимостью [4]. Цель данной работы заключалась в проверке возможности использования новой тест-реакции с применением *S. cerevisiae* для сравнительной оценки токсичности приоритетных поллютантов отходов.

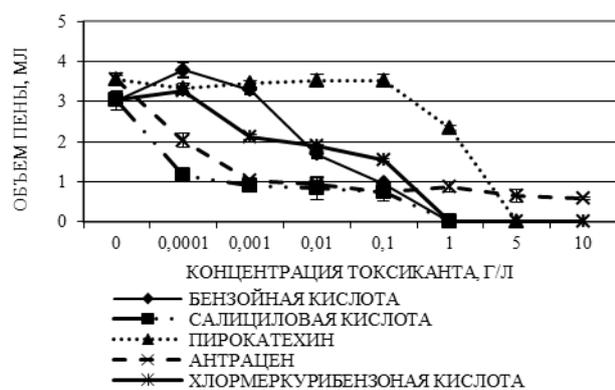
Объекты и методы исследования

В качестве тест-объектов использовали препарат сухих пекарских дрожжей «Саф-Момент» (ООО «Саф-Нева», РФ), культуру *S. cerevisiae*, выделенную из препарата «Саф-Момент», светящиеся бактерии *Photobacterium phosphoreum*, инфузории *Paramecium caudatum* Ehrenberg,

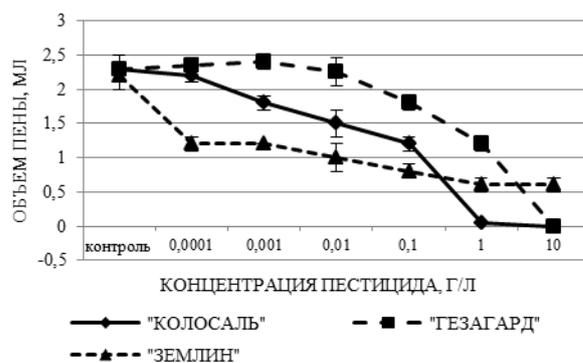
семена редиса *Raphanus sativus* (сорт «Красный великан», ЗАО «Иркутские семена»). Для проведения исследований брали: соли тяжелых металлов ($HgCl_2$, $CdCl_2$, $CoCl_2$, $CuSO_4$, $PbCH_3COOH$, $Fe_2(SO_4)_3$, $ZnSO_4$); фторид натрия (NaF), азид натрия (NaN_3); арсенат натрия (Na_3AsO_4); пирокатехин ($C_6H_4(OH)_2$); поверхностно-активные вещества (додецилсульфат натрия (ДСН), Tween-85, бутиловый ксантогенат калия (БКК), флотореагент-оксаль Т-92; пестициды (фунгицид «Колосаль» (тебуконазол $C_{16}H_{22}ClN_3O$ 250 г/л, ЗАО «Август», РФ), гербицид «Гезагард» (прометрин $C_{10}H_{19}N_5S$ 500 г/л, ООО «Syngenta», РФ), инсектицид «Землин» (диазинон $C_{12}H_{21}N_2O_3PS$ 50 г/кг, «Грин Бэлт», РФ)). Токсичность исследуемых поллютантов оценивали при помощи разработанного нами биотеста [4]. Оценку ростовых показателей культуры *S. cerevisiae* проводили с использованием метода Коха. Для сравнительной оценки токсичности исследуемых соединений использовали биотесты по выживаемости *P. caudatum*, ингибированию люминесценции *Ph. phosphoreum*, прорастанию семян *R. sativus* [ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04. Т 16.1:2.3:3.8-04.; ПНД Ф Т 14.1:2:3.13-06 Т 16.1:2.3:3.10-06.; ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013].

Результаты и обсуждение

Разработанный биотест оказался чувствительным к 0,0001 г/л антрацена, 1 г/л пирокатехина. Салициловая кислота начинала угнетать пенообразование в дрожжевой суспензии в концентрации 0,0001 г/л, хлормеркурибензойная кислота – 0,001 г/л, бензойная кислота – 0,01 г/л. Диазинон (инсектицид «Землин») подавлял пенообразование в дрожжевой суспензии в концентрации 0,0001 г/л. Тебуконазол (фунгицид «Колосаль») начал снижать интенсивность пенообразования при содержании 0,001 г/л, прометрин (гербицид «Гезагард») – 0,1 г/л (рис. 1).



А



Б

Рис. 1. Влияние антрацена, пирокатехина, салициловой, бензойной и хлормеркурибензойной кислот (А) и пестицидов «Колосаль», «Гезагارد» и «Землин» (Б) на интенсивность пенообразования в суспензии дрожжей с глюкозой

Додецилсульфат оказывал токсическое действие на активность дрожжей при содержании 0,0001 г/л, твин-85 – 0,001 г/л, оксаль Т-92 – 0,01 г/л, бутиловый ксантогенат калия – 0,1 г/л. Исследуемые ПАВ по их воздействию на пенообразующую активность дрожжей *S. cerevisiae* можно расположить в следующем ряду токсичности (по убыванию токсичности): додецилсульфат натрия > твин-85 > оксаль Т-92 > бутиловый ксантогенат калия (рис. 2).

Порог чувствительности тест-реакции к $HgCl_2$ составил 0,0001 г/л, к $CuSO_4$, $CdCl_2$ и $CoCl_2$ – 0,001 г/л, к $Pb(CH_3COO)_2$ – 0,01 г/л, к $Fe_2(SO_4)_3$ – 0,1 г/л, $ZnSO_4$ – 1 г/л (см. рис. 2). Таким образом, по отношению к исследуемой тест-функции дрожжей можно построить следующий ряд токсичности солей тяжелых металлов (по убыванию токсичности): $HgCl_2$ > $CuSO_4$ > $CdCl_2$ > $CoCl_2$ > $Pb(CH_3COO)_2$ > $Fe_2(SO_4)_3$ > $ZnSO_4$.

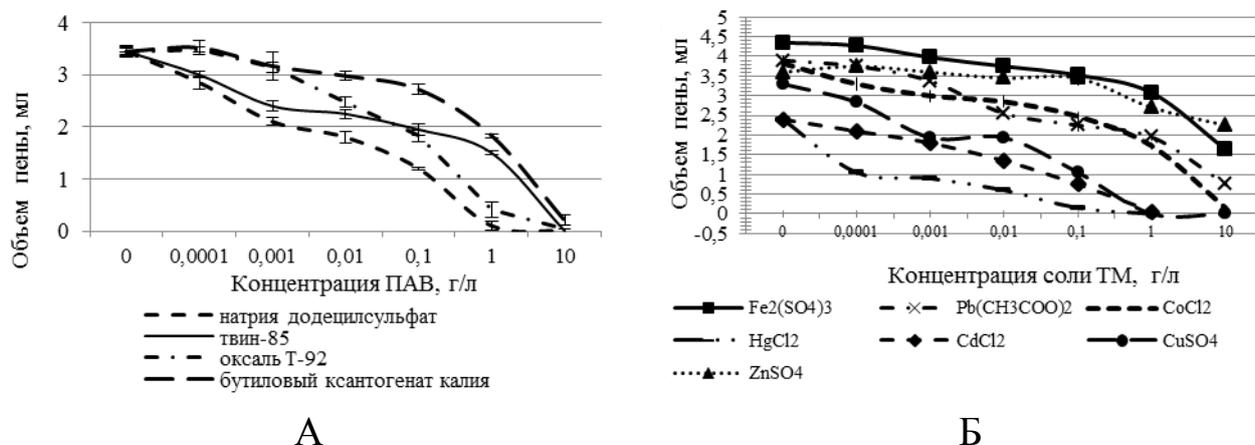


Рис. 2. Влияние ПАВ (додецилсульфата натрия, твина-85, пенообразователя оксаль Т-92 и бутилового ксантогената калия) (А) и солей тяжелых металлов (Б) на интенсивность пенообразования в суспензии *S. cerevisiae*

Ростовая функция дрожжей оказалась менее чувствительной к токсикантам, чем пенообразующая активность. Ряды токсичности в большинстве случаев совпадали.

По чувствительности к солям тяжелых металлов и ПАВ пенообразующая активность *S. cerevisiae* располагается следующим образом по отношению к биотестам, входящими в государственный реестр методов контроля природных сред и общепринятым биопробам: биолюминесцен-

ция *Ph. phosphoreum* \geq выживаемость *P. caudatum* > пенообразование в суспензии *S. cerevisiae* > прорастание семян *R. sativus*. По чувствительности к исследуемым пестицидам биотесты располагаются следующим образом: пенообразующая активность *S. cerevisiae* > выживаемость *P. caudatum* > прорастание семян *R. sativus*. Из испытанных биотестов реакция пенообразования обладает наибольшей экспрессностью (время тест-отклика составляет 15 мин), технической простотой, минимальными материальными затратами, отсутствием необходимости поддержания культуры в активном состоянии, применима как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Чувствительность предлагаемой тест-реакции была бы, по всей вероятности еще выше, если бы дрожжи не снижали токсичность поллютантов. Это доказывают ниже приводимые опыты. Так, токсичность растворов PbCH_3COOH (0,1 г/л), CdCl_2 (0,001 г/л), Na_3AsO_4 (0,1 г/л) при экспонировании с дрожжами через 0,5 ч снижалась на 60,0; 24,8 и 38,3 %, соответственно. В растворах CoSO_4 (0,001 г/л), NaN_3 (0,1 г/л), пирокатехина (0,1 г/л) с дрожжами через 0,5 ч токсичность упала на 6,2; 60,0 и 26,8 %, соответственно, а в растворе NaF (1 г/л) – через 1 ч на 26,1 %; при дальнейшем экспонировании (до 24 ч) детоксицирующий эффект усиливался. В экспериментах с 0,001 г/л CoSO_4 , 0,001 г/л CdCl_2 и 0,1 г/л PbCH_3COOH зависимости между количеством вносимых дрожжей (0,1 – 68 г/л) и степенью детоксикации раствора не отмечали. Данная взаимосвязь была показана в опытах с растворами Na_3AsO_4 (0,1 г/л) и NaF (1 г/л). Отсутствовала зависимость степени детоксикации исследуемых растворов при внесении в них как живых, так и инактивированных клеток *S. cerevisiae*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках реализации проектной части государственного задания в сфере научной деятельности (Задание № 13.1263.2014/К от 11.07.2014)

Литература

1. Экспрессный приём биологического анализа качества вод с помощью сахарометров / О. Ф. Вятчина, Г. О. Жданова, Д. И. Стом // Естественные науки, 2009. № 4. С. 133-136.
2. A *Saccharomyces cerevisiae*-based bioassay for assessing pesticide toxicity / К. Estève, С. Poupot, Р. Dabert, М. Mietton-Peuchot, V. Milisic // J Ind Microbiol Biotechnol. 2009. 36(12). Р. 1529-34.

3. Impact of Acute Metal Stress in *Saccharomyces cerevisiae* / D. Hosiner, S. Gerber, H. Lichtenberg-Frate, W. Glaser, C. Schüller, E. Klipp // PLoS One. 2014; 9(1): e83330. doi: 10.1371/journal.pone.0083330.

4. *Saccharomyces cerevisiae* as a Tool to Evaluate the Effects of Herbicides on Eukaryotic Life, Herbicides and Environment / D. Braconi, G. Bernardini, L. Millucci, G. Jacomelli, V. M. Santucci, A. Santucci // Dr Andreas Kortekamp (Ed.). 2011. P. 493-514.

5. *Saccharomyces cerevisiae* as Biosensor for Cyto- and Genotoxic Activity / J. Ludwig, M. Schmitt, H. Lichtenberg-Fraté // Atmospheric and Biological Environmental Monitoring, 2009. P 251-259.

6. Seasonally and regionally determined indication potential of bioassays in contaminated river sediments / K. Hilscherova, L. Dus̃ek, T. Šřidlova [et al.] // Environmental Toxicology and Chemistry, 2010. Vol. 29, No. 3. P. 522–534.

7. Wine Chemistry and Biochemistry / M. V. Moreno-Arribas, M. C. Polo Editors // Springer Science Business Media, Instituto de Fermentaciones Industriales (CSIC), Madrid Spain. 2009. 735 p.

C. Wünsch (К.Вюну)

**Institute of Waste Management and Circular Economy, Technische
Universität Dresden, Germany**

**REDUCTION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS THROUGH
SOURCE SEPARATION (IN GERMANY) (СОКРАЩЕНИЕ
ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С ПОМОЩЬЮ СЕПАРАЦИИ
(В ГЕРМАНИИ))**

The production of everyday goods needs the provision of different materials with high qualities. The primary production of these materials out of raw materials is combined with a high demand of energy and a release of different emissions. Especially the release of greenhouse gas (GHG) emissions is strongly connected to the energy consumption in the production chain. Especially the production of metals like aluminium and copper but also different kind of plastics needs high amounts of energy for their production. The recovery of materials out of waste streams and the provision of secondary materials not only conserve resources, but also take less energy and finally avoid the release of GHG-emissions. Especially for metals but also for plastics

the global warming potential of secondary material is much less than those of primary produced materials. The left chart of the following figure 1 shows the interaction of the cumulative energy demand for the production of a specific material and the corresponding global warming potential; the right chart shows the difference of global warming potentials for the primary production of material out of raw materials and the secondary production out of recyclables.

To make these potential savings usable, the duty of waste management is to collect and sort the waste materials in a way that highest amounts of single material fractions with highest qualities are generated. The recovery of recyclables out of mixed municipal solid waste (MSW) can be done by a collection of the waste in one bin and a centralised sorting in material recovery facilities (MRF) or by a source separated collection in different bins followed by an automatic post sorting. For the second option (the source separated waste) the demands in terms of separation at source and the effort in the collection is high however the effort in post sorting the waste is low. But the amount as well as the quality of the recycled materials is higher than for the treated mixed waste. Hence, the separating at the source facilitates the processing of the waste, it simplifies the sorting process (less foreign substances and heterogeneity) and increases the overall efficiency of the MRF.

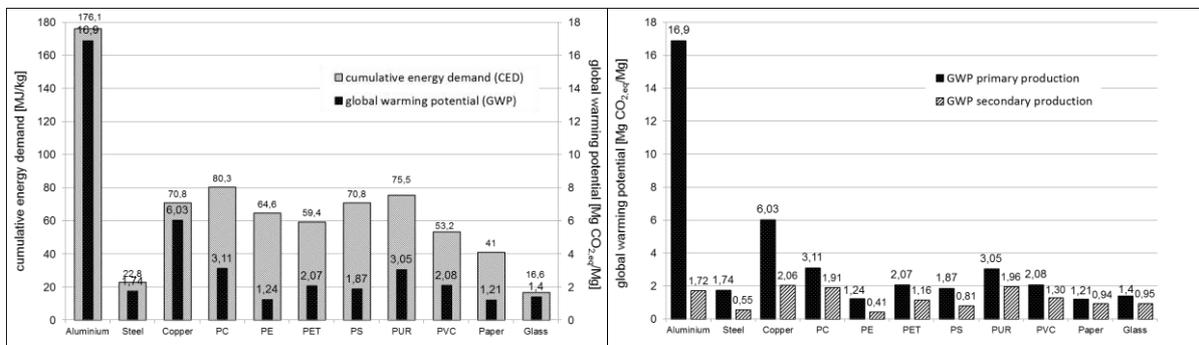


Fig. 1. Cumulative energy demand and global warming potential of different materials (left) as well as the difference in global warming potential of primary and secondary material production (right)

For the collection and transportation activities the release of GHG-emission can be neglected because the contribution is only app. 1% compared to the GHG net emissions of the overall waste management [Thorneloe et al., 2002].

The mixed collected waste could be treated environmentally sound in engineered landfills, mechanical biological treatment (MBT) plants or in waste incineration plants. But the amount of released and avoided GHG-emission not only depends on the treatment technology but also on:

- treated waste types
- composition of waste types
- amount of renewable (biogenic) and non-renewable (fossil) carbon
- energy consumption of the treatment facilities
- energy efficiency of the treatment facilities
- energy mixed that is substituted by the generation of energy out of waste
- substitution factors for the recovery of secondary metals
- substitution scenarios
- accounting of only climate relevant or also climate neutral emissions
- accounting of only CO₂ or also CH₄ and N₂O

The further calculations are based on German conditions. If one ton (Mg) of typical German mixed MSW would be treated in either a landfill, a waste incineration plant with energy and metal recovery or a MBT-plant with metal recovery, the disposal of stabilized material in a landfill and the thermal treatment of the produced refuse derived fuel (RDF) in a specific RDF fired plant the following GHG-balances are calculated.

It is obviously that the landfill releases the highest amounts of GHG-emissions and that the MBT in connection with RDF-plants and the waste incineration lead to an avoidance of GHG's.

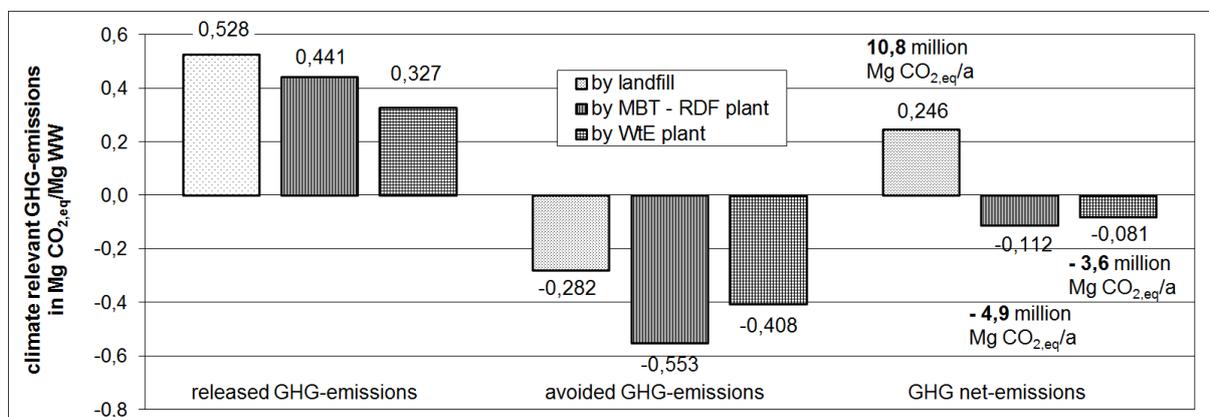


Fig. 2. Comparison of climate relevant GHG emissions for landfilling, MBT with RDF plant and waste incineration

The collection of source separated household waste in Germany is already quite well implemented but still app. 32 % (14 million tons annually) is collected as mixed MSW (see figure 3). App. 2.3 million tons of mixed MSW were treated in MBT's and app. 11.7 million tons were treated in waste incineration plans. App. 1.2 million tons of carbon dioxide equivalents (CO₂-eq.) were avoided by the treatment. For the separate collected fraction the following situation emerged in 2013:

- From the 2.5 million tons of collected bulky waste app. 0.3 million tons were incinerated (incineration for disposal), 0.8 million tons were thermally treated and 1.3 million tons were recycled (material recovery). 1.5 million tons of CO₂-eq. were avoided by the bulky waste treatment.

- 9.1 million tons of bio-waste and degradable garden and park waste were collected, 7.3 million tons were composted and 1.8 million tons were anaerobically treated. 0.22 million tons of CO₂-eq. were avoided by the bio-waste treatment.

- 2.5 million tons of glasses were separately collected and 2.3 million recycled. That leads to an avoidance of app. 1 million tons of CO₂-eq.

- 7.6 million tons of papers were separately collected. Recycled were 6.4 million tons and thermally treated 1.2 million tons. App. 2 million tons of CO₂-eq. were avoided.

- From 5.5 million tons of separate collected light packaging 4.1 million tons of materials were recovered and 1.4 million tons were send as false fraction to waste incineration. App. 100,000 tons of aluminum and app. 500.000 tons of steel were recovered and recycled. App. 3 million tons of plastics were recovered (1.4 million tons for material recycling and 1.5 million tons for thermal treatment). From app. 600.000 tons of composite materials 140,000 tons were recycled and app. 460,000 tons thermally treated. In total app 1,4 million tons of CO₂-eq. were avoided

- For the separate collected amounts of app. 600,000 tons of waste electrical and electronical equipment (WEEE) and app. 2 million tons of “others” (composites, metals, textiles, ...) no reliable data to recovered materials and avoided GHG-emissions are available. But high GHG reduction potentials are predictable

- In total app. 7.3 million tons of CO₂-eq. were avoided by the separate collection and treatment of app. 44 million tons of household waste. Based on one ton of waste a specific avoidance of 167 kg CO₂-eq. takes place. Compared to the GHG-net emissions for the treatment of the mixed waste (refer figure 2) the separate waste collection and treatment leads to a higher reduction of GHG-emissions.

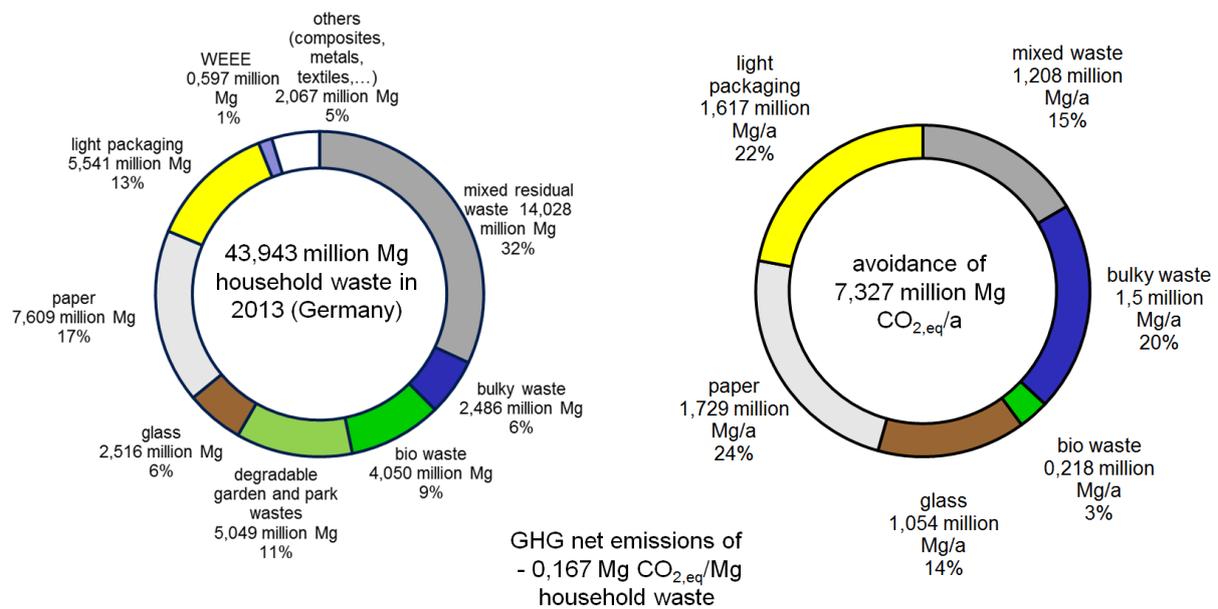


Fig. 3. Separate collected and treated waste types in Germany 2013 [Destatis, 2015] and the corresponding avoidance of GHG-emissions

With the actual German conditions, the treatment of separate collected household wastes performs better than the treatment options of mixed household waste (refer figures 2 and 3). But especially the energy efficiency of German waste incineration plants is comparatively bad. With higher efficiencies and metal recovery out of the incinerator slags the GHG balance will become much better for the treatment of mixed household waste. It has to be taken into account that the GHG balance is only one aspect of a decision making process. For environmental protection also other aspects in a life cycle assessment of a product/material, like ozone depletion or acidification, should not be neglected. And finally often economic drivers have a high influence on the decision making process on what collection and treatment option is finally chosen.

References

- [Destatis, 2015] Statistisches Bundesamt: Abfallbilanz 2013 (Abfallaufkommen/-verbleib, Abfallkennzahlen, Abfallaufkommen nach Wirtschaftszweigen), Artikelnummer: 5321001147004, Wiesbaden 2015
- [Thorneloe et al., 2002] Thorneloe, S. A.; Weitz, K. A.; Nishtala, S. R.; Yar, kosky, S. and Zannes M.: The Impact of Municipal Solid Waste Management on Greenhouse Gas Emissions in the United States. In Journal of the Air & Waste Management Association, Volume 52, September 2002, ISSN 1047-3289

*E. Zelinskaya, N. Fedotova, E. Popova, N. Tolmacheva (E.B. Зелинская,
Н.В. Федотова, Е.А. Попова, Н.А. Толмачева)*

National Research Irkutsk State Technical University

**PERSONNEL TRAINING LEGAL COVERAGE IN ENVIRONMENTAL
SAFETY AND WASTE MANAGEMENT SPHERE (ПРАВОВОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В ОБЛАСТИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОБРАЩЕНИЯ
С ОТХОДАМИ)**

Аннотация

В работе освещены вопросы правового обеспечения образовательного процесса подготовки кадров в области экологической безопасности и управления отходами. Выполнен анализ законодательной и нормативной базы, регулирующей порядок подготовки кадров для работы в данной сфере. Показаны противоречия и недоработки, не позволяющие вести процесс подготовки кадров в рамках правового поля и эффективно.

Подготовка кадров, в том числе, повышение квалификации в области экологической безопасности в целом, и обращения с отходами, в частности, регулируется Федеральным законом «Об охране окружающей среды» 7-ФЗ от 10-01-2002 г., ст.73, а также Федеральным законом от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления".

Передача в 2010 году полномочий по управлению отходами от Федеральной службы по технологическому, экологическому и атомному надзору к Федеральной службе по надзору в сфере природопользования привела к разрушению механизма профессиональной переподготовки кадров. Действующие в системе Ростехнадзора нормативные документы утратили силу, а новые не были разработаны. В связи с этим организация обучения, требования к программам обучения и проведению повышения квалификации оказались бесконтрольными и трактуются сторонами образовательного процесса по-разному. Четкая система обучения, существовавшая в период действия Приказа Ростехнадзора от 20.11.2007 N 793 "О подготовке и аттестации руководителей и специалистов организаций в области обеспечения экологической безопасности" превратилась в обучение «по необходимости», чаще всего, в связи переоформлением организациями лицензии. При этом лицензионным требованием является наличие у

работников лицензиата профессиональной подготовки на право работы с отходами I – IV классов опасности.

Постановлением Правительства РФ от 13.09.2010 N 717 внесены изменения в части передачи Минприроды России полномочий по установлению порядка, подготовки и аттестации специалистов в области обеспечения экологической безопасности. При этом, как сказано в пункте 7 Положения «О разграничении полномочий федеральных органов исполнительной власти в области обеспечения биологической и химической безопасности Российской Федерации», утвержденного Постановлением правительства РФ от 16 мая 2005 г. N 303, МПР осуществляет следующие полномочия: осуществляет нормативно-правовое регулирование в сфере природопользования и охраны окружающей среды с целью обеспечения биологической и химической безопасности Российской Федерации, включая установление порядка подготовки и аттестации специалистов в области обеспечения экологической безопасности. Однако данный «Порядок» до сих пор не разработан.

В образовательных стандартах высшего образования отсутствуют направления подготовки бакалавров и магистров подобного профиля. Существует только два направления, являющиеся последователями направления «Защита окружающей среды», в котором как-то были отражены вопросы обращения с отходами. Это «Техносферная безопасность» и «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии». Но первое – слишком далеко от вопросов экологически безопасного обращения с отходами, а второе – сужает их до химических отраслей.

Таким образом, в настоящее время, на законодательном уровне, нормативном обеспечении, а также в области образования, сложился определенный вакуум в области реализации главы Глава XIII «Основы формирования экологической культуры» Федерального закона «Об охране окружающей среды».

В условиях, когда нормы экологического законодательства, нормативная база и практика деятельности в области обращения с отходами претерпевает значительные изменения, отсутствие системы экологического образования создает предпосылки для снижения эффективности планируемых реформ в данной сфере.

Незнание законов, безусловно, не освобождает от ответственности, но совершенно определенно, не способствует их исполнению.

Без четкой системы в образовании, без профессиональной подготовки всех специалистов и руководителей, имеющих хоть какое-то отношение к данной сфере, новое законодательство обречено на провал.

Организация функционирования системы обращения с отходами в рамках нового законодательства по оценкам специалистов обойдется государству и бизнесу в 300 млрд руб. Сюда не входят средства на строительство новых заводов и создание новых технологий по переработке отходов.

Для ее реализации необходимо разработать сотни нормативных документов.

Но все это будет напрасно и не даст эффекта, если общество будет экологически безграмотно. И менять эту ситуацию нужно незамедлительно.

V. Zigura (B. Зузупа)

**Regional Union of Waste Recycling Enterprises
of Kaliningrad Oblast, Kaliningrad**

**"FOREST" COMPANY – THE LEADING COMPANY
IN THE KALININGRAD REGION FOR THE MANAGEMENT
OF PACKAGING WASTE (КОМПАНИЯ «ФОРЕСТ» ВЕДУЩАЯ
В РЕГИОНЕ КОМПАНИЯ ПО ОБРАЩЕНИЮ
С ОТХОДАМИ УПАКОВКИ)**

Компания «Форест» ведущая в регионе компания по обращению с отходами упаковки. Стратегия развития состоит в планомерном поступательном наращивании мощностей по увеличению добавленной стоимости вторичного сырья. Повышение глубины сортировки, расширение линейки обрабатываемых отходов, дробление, прессование, экструдирование отходов. Подготовка отходов по техническому заданию заказчика.

Помимо технологической части стратегии развития предприятия, которое развивается в соответствии с концепцией развития всей

региональной отрасли обращения с отходами, разработанной Союзом, второй не менее важной частью является эколого-просветительская.

Мы понимаем, что ни одно оборудование не заменит в сортировке отходов человеческие руки и внимание, поэтому наша компания является постоянным участником просветительских программ Регионального Союза переработчиков отходов.

Одним из самых популярных и массовых региональных проектов реализованных за последние годы является Экологический марафон по сбору макулатуры среди школ и детских садов. В этом учебном году он будет проходить юбилейный пятый раз. В прошлом году в нём приняли участие более 30 000 жителей региона.

В проекте «Детям-доходчиво об отходах» организованные группы школьников посещают предприятия Союза. Наиболее популярный маршрут – Синтез Лтд. (обезвреживание ртутьсодержащих ламп) – Форпост Балтики Плюс (Музей разминирования и обучение сапёров) – Форест. Помимо школьников такие экскурсии также устраиваются и для педагогов преподающих экологические дисциплины.

Союз тесно сотрудничает с Калининградским Государственным Техническим Университетом, чьи студенты регулярно проходят производственные практики и пишут дипломные работы.

Открыто два стационарных Экопункта по отдельному сбору отходов.

*V. Zilenina¹, O. Ulanova¹, K. Dornack² (В.Г. Зиленина,
О.В. Уланова, К. Дорнак)*

¹National Research Irkutsk State Technical University

²Technical University Dresden

**THE STUDY OF THE PROBLEM OF SPENT CHEMICAL CURRENT
SOURCES IN RUSSIA AND IN THE EUROPEAN COUNTRIES
(ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОТРАБОТАННЫХ
ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА В РОССИИ И
ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ)**

Abstract

In this article, the comparative analysis of the management of spent chemical current sources in Russia and in the European countries is presented; the existing international documents (Directives, acts) and the national legal regulations (GOSTs, SNiPs, Government Orders, etc.) are overviewed. The mechanisms of the utilization and processing of waste in the EU countries are demonstrated. Along with the data of the long-term studies performed in foreign countries, the experimental data on leaching of heavy metals from chemical current sources in solid municipal waste landfills according to the morphological composition of municipal waste in the Irkutsk city are presented. The evaluation and forecast of the negative environmental impact is considered an important factor.

Keywords: chemical current sources, batteries, municipal solid waste (MSW)

Ежегодное производство ХИТ измеряется, в зависимости от типа источника, сотнями миллионов, миллиардами, а для некоторых типов – десятками миллиардов штук. Производство, быт, отдых - практически все стороны жизнедеятельности современного человека требуют, в той или иной мере, использования ХИТ. Наиболее распространенными являются первичные марганцево-цинковые, воздушно-цинковые и литий-диоксимарганцевые, вторичные никель-кадмиевые, никель-металлгидридные и литиевые [1].

Для унификации ХИТ разработаны международные стандарты, которые маркируют источники питания по физическим параметрам и химическому составу. Международная электротехническая комиссия (МЭК)

классифицирует химические источники тока по обозначению форм, типоразмеров и электрохимических систем[2].

В связи с постоянным использованием и присутствием в составе опасных для организма человека и окружающей среды компонентов возникает проблема утилизации данного отхода. В настоящее время в России не регламентируется обращение с таким видом отхода, как отработанные источники тока. Отсутствуют крупные системы сбора батарей и их переработка в промышленных масштабах, также количество портативных источников тока, поступающих на рынок.

В российском законодательстве отработавшие батарейки (или основные типы бытовых ХИТ) не были выделены как отдельный вид отходов ни в старом Федеральном классификационном каталоге отходов (утвержден Приказом Минприроды от 02.12.2002 г. № 786, отменен Приказом Минприроды России от 30.09.2011 г. № 792), ни в новом ФККО, введенном в действие Приказом Минприроды № 445 от 18.07.2014г. Исключением являются отработанные поврежденные и неповрежденные аккумуляторы, которым присваивается 2 и 3 классы опасности соответственно. Такие отходы требуют специальных условий хранения и утилизации.

В случаях, когда батарейки собираются у населения отдельно, а затем сдаются в специализированные организации по их приему для последующего безопасного хранения или утилизации, собранной массе ХИТ присваиваются групповые коды [3].

С другой стороны, европейское законодательство об утилизации и переработке отработанных батареек было принято в 1991 г. (91/157/EWG). Самым объемлющим и важным документом в сфере обращения с отходами батарей явилась Директива Европейского союза (2006/66/ЕС) от 6 сентября 2006 года о батареях и аккумуляторах и отходах батарей и аккумуляторов, которая подробно описывает меры и действия, необходимые для снижения объема ртути, кадмия и свинца, оказывающихся в окружающей среде.

Самым существенным моментом является введение ответственности производителей и импортеров за судьбу батарей в конце их жизненного цикла. Производители и импортеры подлежат регистрации и должны нести затраты на сбор и переработку батарей, а также на мероприятия по информированию населения. Конечные пользователи должны иметь воз-

возможность бесплатно сдать использованные батареи и аккумуляторы на местных пунктах сбора. Именно после принятия данной директивы и последующих законов в странах-членах ЕС развернулась серьезная работа. В настоящее время в каждой стране ЕС действуют механизмы реализации ответственности производителей [4]. Обращение с химическими источниками тока (ХИТ) на примере Германии регулируется «Актом, касающимся изменений в законе об ответственности в части отходов для батарей и аккумуляторов» – BatteriesAct/BattG), принятым Бундестагом в 2009 г., а также «Положением о применении Закона о батарейках и аккумуляторах» – (BattGDV)

В 2014 году в Германии деятельность по обратному приему портативных батарей осуществляли четыре системы: GRS, REBAT, ERP, Öscorecell. Более 170,000 приемных пунктов в учреждениях торговли, ремесла, фирмах по утилизации отходов было оснащено контейнерами и транспортными емкостями для портативных батарей, для системы возврата портативных батарей. Каждая из четырех систем возврата отходов портативных батарей в 2014 г. достигла минимальную квоту по сбору 40%, и, позднее, с 2016 отчетного года должна увеличить эту квоту до 45%. В 2014 году четыре системы возврата батарей собрали самое большое количество отходов батарей по сравнению с предыдущими годами, что составило 19, 142 тонн. [5].

Также в Европе на протяжении многих лет существует система рециклинга ОХИТ, представленная на примере Германии. Данная система позволяет в значительной степени использовать содержащиеся в них материалы в качестве вторичных ресурсов и, таким образом снизить потребность в таких материалах, уменьшить выбросы в окружающую среду, связанные с производством первичных материалов. Доля восстанавливаемых материалов из перерабатываемых батарей составляет по некоторым видам батарей до 50% (без учета свинцово-кислотных аккумуляторов, где процент еще выше). Продажа вторичных материалов покрывает затраты на переработку по большинству видов батарей, которые по некоторым оценкам составляют от 300 до 2600 евро за тонну. Пока проблема рентабельности отмечается, главным образом, при переработке литиевых и щелочных батарей. В мире используется ряд технологий переработки отходов батарей [6].

Существенным недостатком ХИТ является содержание тяжелых металлов и агрессивных сред, высокотоксичных для человека и окружающей среды, в совокупности с масштабами потребления, обуславливающих их потенциальную опасность. Данные о компонентном химическом составе определенных типов батареек носят справочный ориентировочный характер. Для точного определения состава конкретных ХИТ необходимо проведение лабораторного анализа или ознакомление с технологическим регламентом фирмы-производителя [7].

Воздействие ХИТ на окружающую среду, определяется в первую очередь способами обращения с ними. В случае России отработанные источники тока в большинстве случаев в составе твердых коммунальных отходов (ТКО) захораниваются на полигонах ТКО, где под воздействием фильтрационных вод разрушается корпус, и тяжелые металлы выщелачиваются и затем попадают в почву.

Для экспериментального изучения способности выщелачивания тяжелых металлов в фильтрационные воды, в техническом университете Дрездена были проведены лабораторные исследования, моделирующие процессы разложения ТКО на полигоне г. Иркутска. Анализ полученных данных на четырех биореакторах (DSR), позволил сформировать отдельные закономерности процессов выщелачивания и выполнить количественную оценку мобилизации тяжелых металлов при захоронении ХИТ на полигоне ТКО. Анализ данных состава фильтрата из биореакторов показывает достаточно высокие содержания тяжелых металлов, которые продолжают сохраняться по истечению 3-х месяцев проведения эксперимента. (Таблица 1).

Исследования показывают, что концентрации свинца и кадмия достигают значений 1600-1700 мг/л на 5 неделе, что превышает установленную норму для почв в 53,1 и 3200 раз соответственно. Концентрация никеля, меди и цинка приблизительно равна их ПДК в почве на протяжении всего времени эксперимента, а концентрация цинка в течение первой недели превышает установленное значение в 3,18 раза, с дальнейшим снижением в пределах ПДК. Согласно экспериментальным данным захоронение отработанных ХИТ наносит вред окружающей природной среде из-за выщелачивания тяжелых металлов, концентрации которых превышают ПДК некоторых случаях в тысячи раз и опасно не только на период эксплуатации полигона, но десятки лет после закрытия.

Таблица 1

Количество выщелачиваемых металлов из биореактора в фильтрат

Тяжелый металл	Содержание компонента, мг/л							
	Биореактор № 1		Биореактор № 2		Биореактор № 3		Биореактор № 4	
	1 неделя эксперимента	3 месяца эксперимента	1 неделя эксперимента	3 месяца эксперимента	1 неделя эксперимента	3 месяца эксперимента	1 неделя эксперимента	3 месяца эксперимента
Свинец	9,75	535,5	15,60	668	49,50	633	34,10	649
Кадмий	34,10	1832,50	46,40	1912,50	8216	1962	1379	1540
Никель	0,755	0,89	3,18	2,26	1,38	1963	1,59	1546
Хром	34,10	842,70	46,40	1845,00	8374	783,5	1379	185,5
Медь	-	-	-	-	85,20	< 0,1	99,40	< 0,1
Цинк	-	-	-	-	37,40	16,15	104	29,65

На примере четвертого реактора на Рис 1. Представлены кривые изменения концентрации тяжелых металлов в фильтрате.

В России необходимо в ближайшее время начать работу по созданию системы управления данными видами отходов, включающей раздельный сбор, переработку, а также механизмы финансирования работы переработчиков, не дожидаясь принятия закона, вводящего ответственность производителей.

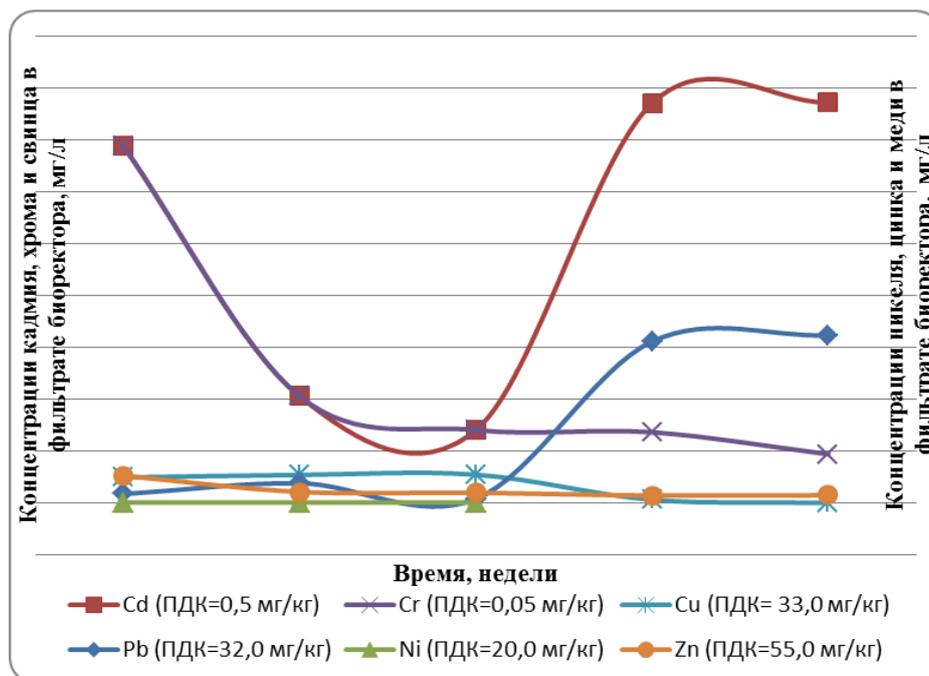


Рис 1. Графики изменения концентрации тяжелых металлов в фильтрате

Литература

1. Современные источники питания / Варламов В. Р., 2-е изд., испр. и доп. – М.: ДМК Пресс. – 224 с.
2. Химические источники тока: справ. / под ред. Н.В. Коровина, А.М. Скундина. – М.: Изд:во МЭИ, 2003. – 740 с.
3. Critical review of the literature regarding disposal of household batteries: final report, 2007 / CalRecovery, Inc. Concord, California, 2007. 184 p.
4. Вайсман Я.И., Глушанкова И.С. Условия образования и очистка фильтрационных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов / Пермь: ПГТУ, 2003. 168 с.
5. Bilitewski, B., Wagner, J., Reichenbach, J., 2015, Best Practice Municipal Waste Management. Information pool on approaches towards a sustainable design of municipal waste management and supporting technologies and equipment, 2015, INTECUS Dresden GmbH - Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management.
6. Карлушина Н.В., Уланова О.В., Грундманн Ф. Комплексная оценка энергетического потенциала полигона твердых бытовых отходов г. Иркутска. Материалы конференции MSW: Management Systems and Technical Solutions ISWA. Waste-Tech-2015, 24-27.05.2015. Москва.
7. Приказ МПР № 445 от 18.07.2014 об утверждении федерального классификационного каталога отходов (ФККО).

СЕКЦИЯ 2. ГЕОЛОГИЯ И ГОРНОЕ ДЕЛО

Подсекция «Проблемы освоения георесурсов в АТР»

A. Andreev 1, A. Belov 1, N. Kinaev 2, E. Sagulenko 2 (А.В. Андреев 1, А.В. Белов 1, Н.Н. Кинаев 2, Е.А. Сагуленко 2)

¹FEFU, Vladivostok

²University of Queensland, Brisbane, Australia

PRODUCTION AND APPLICATION OF BIO-STIMULANTS BASED ON HUMATES (ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ ГУМАТОВ)

Показаны некоторые области применения препаратов: биостимуляторов и биопротекторов, полученных на основе торфяных и угольных гуматов. Рассмотрен ряд проблем, возникающий при выращивании сельскохозяйственных культур и возможные пути их решения.

Ключевые слова: биостимулятор, биопротектор, гуматы, бактерии, тяжелые металлы, азот и его соединения

Гуминовые препараты находят широкое применение в сельском хозяйстве в качестве средств, повышающих урожайность и качество сельскохозяйственных растений. Стимулирующее действие препаратов обусловлено поверхностной активностью гуминовых веществ, со специфической модификацией ими проницаемости клеточных мембран, а также наличие в их молекулах фрагментов, обладающих свойствами стабильных свободных радикалов.

При этом эффективность применения гуминовых препаратов может быть увеличена с помощью добавления бактерий, способствующих росту растений (e.g. *Herbaspirillum seropedicae*). Такие комплексные препараты могут являться био протекторами для растений.

В настоящее время все большее значение принимает использование органических удобрений и уменьшение доли минеральных удобрений. Так, к примеру, в КНР было принято решение о нулевом приросте минеральных удобрений, согласно которому все необходимое увеличение сельхозпродукции должно обеспечиваться исключительно за счет применения более эффективных органических удобрений и стимуляторов роста. К числу таких удобрений относятся различные варианты гуминовых препаратов.

Дальнейшие исследования направлены на испытания различных модификаций гуминовых препаратов для нейтрализации кадмия из почвы на рисовых полях КНР, а также перевод в нерастворимые фазы излишков пестицидов, гербицидов и нитратных удобрений.

Abstract

Humic preparations are widely used in agriculture as a means of raising yield and quality of crops. Stimulating effect of drugs due to the surface activity of humic substances, with specific modification of their cell membrane permeability and the presence of their snippet molecules possessing properties of stable free radicals.

The effectiveness of application of humic preparations may be increased by adding bacteria, contributing to the growth of plants (e.g. *Herbaspirillum seropedicae*). Such complex preparations may be the bio plant protectors.

Further research on the testing of different modifications of humic preparations to neutralize the cadmium from the soil in the rice paddies of CHINA, as well as translation in insoluble phases of surplus pesticides, herbicides and nitrate fertilizers.

A. Belov, A. Babaev, I. Vinichenko, V. Vetrov, A. Andreev (А.В. Белов, А. Ю. Бабаев, И. А. Виниченко, В.В. Ветров, А. В. Андреев)

FEFU, Vladivostok

PROSPECTS OF THE FUEL GASIFICATION TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR LOCAL ENERGY SYSTEMS IN THE FAR EAST REGION (ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГАЗИФИКАЦИИ ТОПЛИВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕГИОНЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА)

Несмотря на развитие систем возобновляемой локальной энергетики, использование солнечной и ветровой энергетики не всегда возможно из за географических, климатических и технических условий. В этой связи в настоящий момент актуальное значение имеет развитие систем локальной энергетики на местных топливах. Разработано техническое решение для энергоэффективного полигенерационного комплекса малой мощности на

основе газификации углеродсодержащих топлив для энергетического обеспечения удаленных объектов, не имеющих надежного доступа к энергосети, в том числе населенные пункты в отдаленных районах Севера, Сибири, Дальнего Востока и других регионов, Потребителями могут являться населенные пункты, горно-добывающие и другие предприятия, расположенные вдали от энергетических сетей. Выполнено обоснование экологически чистого эффективного использования в качестве топлив промышленных и бытовых отходов, в том числе промышленных предприятий угледобывающей, деревообрабатывающей, бумажно-целлюлозной, нефтеперерабатывающей, пищевой промышленности, агрохолдингов, мест сбора и утилизации бытовых отходов населенных пунктов. Преимуществом технологии является надежное и экологически чистое использование разных быстро заменяемых видов топлив и отходов, с возможностью генерации технологического пара и электричества для нужд потребителя. Предлагаемая к применению технология обеспечит:

- возможность замены дорогостоящего жидкого топлива более дешевыми и доступными видами твердого топлива или местными возобновляемыми ресурсами, с сохранением резервных возможностей использования жидкого или газообразного топлива.

- возможность использования и быструю смену различных видов топлив, либо их смесей (уголь, углесодержащие отходы, древесина, твердые бытовые и промышленные отходы).

- повышение эффективности использования местных ресурсов, в том числе низкокачественного ископаемого топлива, не пригодного для коммерческой транспортировки на дальние расстояния, без уменьшения надежности традиционного энергоснабжения.

- создание мобильных энергетических установок отличающихся простотой и надежностью в эксплуатации, в том числе для удаленных районов с ограниченным количеством квалифицированных трудовых ресурсов.

- возможность применения модульно-блочной конструкции системы для упрощения транспортировки и монтажа на удаленных территориях;

- возможность конфигурации установок под нужды потребителя (преимущественная теплогенерация, одновременная генерация тепла и электричества, преимущественная генерация электричества).

Abstract

Despite the development of renewable local energy, use of solar and wind energy is not always possible due to geographical, climatic and technical conditions. In this case, the development of the systems of local energy from local fuels is promising. Technical solution for energy efficient low power polygeneration complex based on gasification of carbonaceous fuels to provide energy to remote objects that do not have reliable access to the grid, including settlements in remote areas of the North of Russia, Siberia, the Far East and other regions is developed. Consumers can be settlements, mining and other enterprises located far away from energy networks. Completed study for environmentally friendly effective use fuels as industrial and household waste, including industrial coal enterprises, woodworking, pulp and paper, oil refining, food industry, agricultural farms, areas of collection and recycling of household waste. The advantage of this technology is a reliable and environmentally friendly model for using different types of fuels and wastes, with the ability to generate steam and electricity for the needs of the consumer. The proposed application of the technology will provide:

- the possibility of replacing the costly liquid fuel cheaper and more affordable types of solid fuel or local renewable resources, with the backing of the possibilities of using liquid or gaseous fuel.
- ability to use and quick change of various fuels or their mixtures (coal, coal waste, wood, municipal solid and industrial waste);
- improved utilization of local resources, including low-quality fossil fuel, is not suitable for commercial transportation over long distances, without reducing the reliability of traditional energy supply;
- the creation of mobile power plants characterized by simplicity and reliability in operation, including remote areas with a limited number of qualified human resources;
- ability to apply modular system construction for simplify transportation and installation in remote areas;
- ability to configure settings to the needs of the local consumer (predominant heat generation, the simultaneous generation of heat and electricity, mainly generation of electricity).

A. Belov, A. Nepomnyashiy, I. Vidomenko, P. Aleshkov, N. Svintcov
(*А. В. Белов, А. С. Непомнящий, И. А. Видоменко, П. Н. Алешков,*
Н. Ю. Свинцов)

FEFU, Vladivostok

**COAL GASIFICATION TECHNOLOGY ASSESSMENT FOR USE
IN THE FIELDS OF THE FAR EAST OF RUSSIA (ОЦЕНКА
ТЕХНОЛОГИЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ
НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ)**

Для применения современных технологий добычи и глубокой переработки углей способом их газификации необходима оценка текущего состояния технических решений в данной области. Выполнен анализ современного опыта применения технологий газификации углей в России и за рубежом, с акцентом на возможность использования ресурсной базы бурых и каменных углей Дальнего Востока России. Для технологий наземной газификации учтено современное состояние технологий, физико-химические свойства углей, типы окислителей и катализаторов, существующие и перспективные конструкции газогенераторов, запасы углей, достаточные для организации промышленных производств, инфраструктура и наличие потребителей. Для применения технологии подземной газификации учтено наличие месторождений бурых и каменных углей, в том числе со сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями, допустимые глубины и характеристики вмещающих пород, технологически эффективные параметры пластов, физико-химические свойства углей, характеристика дневной поверхности для формирования сети трубопроводов по транспортировке газа к месту переработки. Разработаны рекомендации для использования результатов работы при выборе месторождений для применения технологий газификации углей, формировании технологических и технико-экономических обоснований применения технологии.

Abstract

For the application of modern Clean Coal Technologies by methods of gasification it is necessary to assess the current status of technical solutions in this field. The analysis of contemporary experience in the application of coal gasification technologies in Russia and abroad, with emphasis on the possibility of using the resource base of brown coal of Russian Far East is done.

For surface gasification technologies considered the current state of technology, physical and chemical properties of coal, types of oxidants and catalysts, existing and future designs of gas generators, stocks of coal sufficient for the organization of industrial production, infrastructure and consumers. For application of the Underground Coal Gasification technology (UCG), takes into account the presence of brown coal deposits, including those with complex geological and hydrogeological conditions, the permissible depth and the characteristics of the enclosing rocks, technologically efficient coal seams parameters, physico-chemical properties of coal, characteristics of the surface to form a network of pipelines for gas transportation to the processing units. Recommendations for use the results when selecting fields for the application of gasification of coal technologies, formation of technological and technical-economic assessment of the use of technology are developed.

*O. Danilov, A. Belov, I. Grebenyuk (O.C. Данилов,
A.B. Белов, И.В. Гребенюк)*

FEFU, Vladivostok

**EXTRACTING RARE METALS FROM WASTE COAL WASHING
USING ELECTROMAGNETIC MICROWAVE (ИЗВЛЕЧЕНИЕ
РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТХОДОВ
УГЛЕБОГАЩЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ)**

В настоящее время сырьевая модель экономики России не может обеспечить конкурентоспособность страны на мировом уровне. Зависимость от колебания мировых цен на энергоносители, в особенности на нефть, делают Россию весьма уязвимой от внешнеэкономических факторов.

Все основные промышленные державы мира для развития экономики основную ставку делают на развитие передовых наукоемких технологий, которые могут обеспечить выпуск качественных, конкурентоспособных товаров, востребованных рынком.

Диверсификация экономической модели России – глобальная государственная задача последних 20 лет существования Российской Федерации. Решение задачи – развитие инноваций, содействие становлению рентабельных востребованных на рынке промышленных производств.

Все современные высокотехнологические производства имеют прямую зависимость от сырьевых ресурсов, которые обеспечиваются такими отраслями промышленности, как нефтяной, химической, горнодобывающей и многих других. В современной промышленности, в настоящий момент, наибольшим спросом пользуются редкие и редкоземельные металлы.

Данные металлы незаменимы в изготовлении турбин для электростанций, авиастроении, оптике, электротехнике, электронике, в атомном машиностроении, стекольной и керамической промышленности, в металлургии.

В настоящий момент Правительство России приняло долгосрочную федеральную программу “Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности”. Государственная программа включает в себя подпрограмму “Развитие промышленности редких и редкоземельных металлов”. Цель подпрограммы - создание в Российской Федерации конкурентоспособной редкоземельной промышленности полного технологического цикла для удовлетворения потребностей отечественного оборонно-промышленного комплекса, гражданских отраслей промышленности и выхода на зарубежные рынки. Срок реализации подпрограммы 2013-2020 г.г. Объем финансирования составляет в ценах соответствующих лет - 147 млрд. рублей

Редкие и редкоземельные металлы (скандий, германий, литий и т.д.) – это металлы, обладающие уникальными физико-химическими свойствами играют определяющую роль в интенсификации широкого спектра промышленных производств:

1. Феррониобий, феррованадий, редкоземельные металлы применяются в качестве добавок к стали (высокопрочные сейсмо- и коррозионно-устойчивые трубы большого диаметра для нефте- и газопроводов).

2. Скандий, литий и бериллий применяются для микролегирования различных специальных сплавов, необходимых в авиационной и космической технике.

3. Рений используется для получения сверхжаропрочных сплавов для турбинных двигателей, и как катализатор в крекинге нефти.

Данные металлы обладают уникальными товарными свойствами: высокая рыночная стоимость (до 500000 руб./кг); высокая рентабельность производства (до 100 %); стабильный высокий спрос (прирост – 40 % в год); большие запасы металлов (тысячи тонн).

Рынок редких и редкоземельных металлов является динамично развивающимся, так с 1964 по 1997 г. он увеличился в 17 раз, а с 1997 по 2015 г. – в 20 раз. Потребление редких металлов колеблется от десятков до сотен тысяч тонн в год. Объем рынка – более 15 млрд. долл. в год.

В России практически отсутствует собственное производство редких и редкоземельных металлов, а необходимые объемы для нужд промышленности импортируются (объем импорта данных металлов за 2009-2012 г.г. составил около 50 тыс.т.).

В России перспективным сектором потребления редких и редкоземельных металлов является черная металлургия.

Стремительное развитие нефтегазовой отрасли обуславливает высокий спрос на трубы большого диаметра для строительства магистральных нефтепроводов и газопроводов.

Источниками сырья для получения редких и редкоземельных металлов являются различные руды, например, лопаритовые, и отходы угольной и энергетической промышленности. Отходы углеобогащения – это продукт, который образуется после обогащения различных ископаемых углей на фабриках и представляющий собой угольные шламы (частицы угля крупностью 0-3 мм).

Отходы углеобогащения имеют нулевую стоимость, затраты на получение единицы металла, на порядок меньше, чем в случае использования руды. Следовательно, можно заключить, что наиболее экономически выгодным сырьем для получения редких и редкоземельных металлов является использование отходов углеобогащения.

Для эффективного решения вопроса по эффективному извлечению редких и редкоземельных металлов и коренной модернизации технологии предлагается использовать электромагнитное микроволновое излучение.

Электромагнитное микроволновое излучение обладает следующими уникальными возможностями: 1) в десятки и сотни раз ускорять многие химические реакции, а, следовательно, значительно сокращать время, за-

трачиваемое на получение целевого продукта; 2) вызывать быстрый объемный нагрев; 3) повышать выход целевого продукта.

Его эффективно используют в различных отраслях народного хозяйства (химическая промышленность, лесная промышленность и т.д.) для интенсификации различных технологических процессов и повышения экономической эффективности производства.

В предлагаемом техническом решении алгоритм переработки угольных отходов тепловой энергетики заключается в следующем.

Дробление отходов углеобогащения под воздействием импульсного электромагнитного излучения. Отходы подаются конвейером в электромагнитную установку с излучателями. Далее измельченное сырье поступает в бункер-центрифугу, подаются посредством насосов определенные смеси химических реагентов. В верхней части бункера размещается силовая установка из магнетронов (электромагнитное микроволновое излучение непрерывного действия). Включается центрифуга и сырье подвергается воздействию излучения.

После определенного времени, на порядок меньшего, чем требуется по классической технологии, металлы из сырья переходят в раствор. Далее он откачивается из бункер-центрифуги в накопитель, и металлы осаждаются посредством электролиза. Сырье, оставшееся после обработки в бункер-центрифуге подвергается полной очистке водой до нейтральной химической реакции. Вода подается из второго насоса соединенного с бункер-центрифугой.

После отмывки сырье очень кратковременно облучается до полного испарения влаги. Далее высушенное сырье по конвейеру подается в газификатор (емкость для сжигания отходов углеобогащения с извлечением горючих газов). Сырье в газификаторе сжигается с использованием системы магнетронов, излучающих непрерывное электромагнитное микроволновое излучение. Горючие газы, образующиеся в результате горения, направляются в дизель-генератор, работающий на природном газе или смеси газов. Энергия, вырабатываемая генератором идет на питание силовой установки газификатора, бункер-центрифуги и ее силовой установки, насосов, конвейера и иного технологического оборудования.

После сжигания отходов углеобогащения образуется зола, которую по конвейеру вторично подают в бункер-центрифугу, подают химический раствор, облучают и извлекают металлы, не извлеченные при первой об-

работке. Далее раствор с металлами откачивают, металлы осаждают и собирают. Зола отмывают водой. Зола является востребованным сырьем в производстве кирпича и изделий из бетона (шлакоблоков, пеноблоков). В этих производствах зола используется как минеральный наполнитель.

Плюсы представленного технологического решения переработки отходов углеобогащения с извлечением редких металлов:

1. Дробление любых материалов с использованием электромагнитного импульсного микроволнового излучения по энергозатратам на единицу сырья на 30-40 % эффективнее, чем с использованием механического измельчения при той же крупности помола.

2. Высокий КПД переработки сырья. Энергия микроволнового излучения более чем на 90 % поглощается отходами углеобогащения. Следовательно, процесс деструкции идет весьма интенсивно. При этом излучение параллельно с этим многократно ускоряет химические процессы взаимодействия химического раствора с сырьем. Итогом этого является весьма высокий выход редких металлов икратно снижается время получения целевого продукта. Это обстоятельство непосредственно влияет на кратное уменьшение расхода электроэнергии на единицу продукта.

3. Сырье после извлечения металлов используется для получения электроэнергии для покрытия определенной части потребности оборудования задействованного в работе технологической установки. Это в свою очередь обеспечивает определенную автономность и независимость от диктовки цен на электричество от стороннего поставщика.

Научное обоснование предложенного способа извлечения редких и редкоземельных металлов построено:

- на авторских исследованиях: экспериментально установлено изменение структуры (технологические показатели) и свойств (увеличение сорбционной активности и удельной поверхности) на ископаемых углях Дальнего Востока (Республика Якутия - Кангаласский угольный разрез, Нерюнгринский угольный разрез) под воздействием излучения;

- результатами экспериментальной работы акад. В.А. Чантурия и д.т.н. Диденко А.Н. Их работами доказана эффективность диспергирования различных материалов, в т.ч. отходов углеобогащения с использованием излучения.

Таким образом, предлагаемый технологический алгоритм переработки отходов углеобогащения позволит разработать экономически эф-

фективную энергосберегающую технология получения редких и редкоземельных металлов.

Bo Kun

College of Construction Engineering, Jilin University, China

**CFD SIMULATION AND OPTIMAL DESIGNS
OF LARGE-DIAMETER RC DRILL BIT ON DTH HAMMER**

Abstract

As a fast drilling technique for rock drilling, the Reverse Circulation (RC) Down-The-Hole(DTH) pneumatic hammer is used in Infrastructure engineering to increase Rate of Penetration in dry and shallow large-diameter boreholes of rock-socketed piles. High pressure air carries the cuttings from bottom hole and return to the surface with RC method, instead of air-lift and pump circulation.

In this paper, Computational Fluid Dynamics(CFD) method and orthogonal design are applied to simulation fluid flow in RC drill bit, and calculate the flow field around drill bit under gas flow condition. In addition, pressure field and velocity profile and gas fluid condition inside bit are analysed. Through theory analysis, Six key geometry parameters of drill bit have direct influence on the efficiency of cuttings transport, including diameter of nozzles(D_n), number of nozzles(N), length of nozzles(L), angle of nozzles inclination(θ_s), angle of nozzles deflection(θ_d), and diameter of injection segment(D_g). Each structural parameter was analysed and optimized to investigate the influence law on cuttings transport.

The RC bit is designed base on ejection theory, and the CFD simulation results show that the cuttings transport in RC drill bit is valid and stable. Meanwhile, when the air volume of GQF-16 DTH hammer is 50m³/min and diameter of bit is 1.2m, a configuration of parameters with $D_n=20\text{mm}$, $N=3$, $L=50\text{mm}$, $\theta_s=50^\circ$, $\theta_d=10^\circ$, $D_g=50\text{mm}$ are the most ideal parameters combinations. Simulation result reveals that six key parameters are key factor for design the structure of RC drill bit.

Keywords: Reverse circulation, DTH hammer, computational fluid dynamics, orthogonal, drill bit

Boxin Wang, Qing Wang

Jilin University, China

**APPLICATION OF STEEL FIBRE REINFORCED SELF-STRESSING
CONCRETE IN TRANSFORMING SIMPLY SUPPORTED BRIDGES
INTO CONTINUOUS SYSTEM**

Abstract

Steel Fibre Reinforced Self-stressing Concrete (SFRSSC) is a new type of fibre reinforced composite with self-expansive performance and high tensile resistance. It can be used in the old bridge reinforcement because when SFRSSC is restrained by steel bars or other terminal conditions, it can create some values of pre-stressing force to enhance the cracking moments of the continuous beams. The primary goal of this research is to apply SFRSSC to strengthen the old bridges for simply supported beams transformed into continuous system. Firstly, the computer analysis of the internal force of continuous T-beams with 5 spans is carried out. Secondly, based on the model experiments of 8 continuous T-beams with 2 spans, flexural performance of the beams reinforced by SFRSSC layers is investigated. It is concluded that flexural performance of continuous T-beams strengthened by SFRSSC is more greatly improved than that strengthened by conventional concrete.

Keywords: steel fibre, self-stressing concrete, bridge strengthening, composite concrete beam

Chengcai Jin, Chen Chen

Jilin University , Changchun, China

**THE DISPLACEMENT OF FOUNDATION PIT SUPPORTING
SYSTEM SIMULATION AND MONITORING DATA ANALYSIS**

Abstract

This paper is based on a practical [foundation pit](#) engineering in Beijing Haidian which use soil nailing wall and pile-anchor as Supporting System. We use the finite difference software named FLAC3D to begin numerical simulation. We should define concrete surface layer; retaining pile; anchor rod

and soil nailing's mechanical parameters to simulate the displacement of the foundation pit supporting system. Then we can arrive at a conclusion that foundation pit engineering which use soil nailing wall - pile anchor combined supporting system have large deformation at the top of the retaining pile and the bottom of the concrete pavement. So, in the process of actual construction, we can focus more on the deformation monitoring of these two positions and strengthen the two positions on the strength of materials for construction safety. We also use MATLAB neural network function to analyze the existing deformation of foundation pit supporting system and find the law of the change over time. Then we predict the displacement of the support system in the future and compare the actual deformation data with the theoretical data which is predicted by MATLAB neural network. Finally, these two data relative error is small, so using the MATLAB neural network can have a good prospect in predicting deformation of foundation pit.

Keywords: Deformation; FLAC3D numerical simulation; MATLAB neural network; Prediction.

Chen Jianping

College of Construction Engineering, Jilin University, China

**DELINEATION OF ORIENTATION DATA RANDOMLY
DISTRIBUTED IN ROCK MASS AND ITS FRACTAL DIMENSION**

A. Dyshin, A. Tonkikh (А.В. Дышин, А.И. Тонких)

FEFU, Vladivostok

**PROSPECTS OF COOPERATION BETWEEN THE RUSSIAN
FEDERATION AND THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA
IN THE FIELD OF MINING OF ENERGY RESOURCES
IN THE RUSSIAN FAR EAST RUSSIA (ПЕРСПЕКТИВЫ
СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
И КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ В ОБЛАСТИ
РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОПЛИВНО-
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ
РОССИИ)**

There is the trend of increase of demand for import coal from the Russia to China.

Two parties can cooperate in exploiting of fuel and energy resources in Russian Far East.

The article analyzes some perspectives of cooperation in sphere of exploiting of Elginskoe energy coal deposit, located in south part of the Republic of Sakha (Yakutiya).

В настоящее время наблюдается увеличение спроса на импорт углей из России в КНР.

Обе стороны могли бы сотрудничать в освоении топливно-энергетических ресурсов на Дальнем Востоке России.

В статье рассмотрены перспективы сотрудничества России и КНР в области разработки месторождений энергетических углей Эльгинского месторождения, расположенного в южной части Республики Саха (Якутия).

Доля районов Дальнего Востока России в общероссийском валовом региональном продукте (ВРП) составляет примерно 6%, доля в товарообороте страны составляет примерно. Понятно, что за этими цифрами скрывается экономическая отсталость огромных территорий.

Реальная угроза утраты значительных территорий по площади сопоставимых с европейской частью страны и богатых полезными ископаемыми требует принятия адекватных мер в ближайшее время. Вопрос заключается в отсутствии государственной воли решить проблемы развития

Дальнего Востока, которые накапливались веками. Основной проблемой является то, что центральные министерства и ведомства рассматривают Дальний Восток в качестве сырьевого придатка, фактически имеет место «точечное освоение» отдельных месторождений и отдельных видов ресурсов, при этом уровень развития социальной и производственной инфраструктуры в районах Дальнего Востока значительно уступает соответствующим показателям в западных районах страны.

Международный опыт показывает, что в настоящее время существуют страны, богатые природными ресурсами, которые достаточно эффективно развивают экономику так называемого «ресурсного типа», к числу этих стран относятся Австралия и Канада. Плотность населения в некоторых районах этих стран достаточно небольшая, прежде всего в районах канадского Севера, она сопоставима с районами Дальнего Востока России. Опыт освоения территорий, богатых природными ресурсами в этих странах, представляет определенный интерес и для нашей страны. Можно много говорить о том, что плохо экспортировать за рубеж невозобновляемые источники энергии, однако ничего другого мы, к сожалению, в настоящее время не можем предложить нашим партнерам из числа стран АТР.

Одним из перспективных партнеров в данной области являются страны АТР, прежде всего Китайская Народная Республика. Несмотря на некоторое замедление темпов экономического развития, промышленности КНР и частному сектору требуется много угля. Несмотря на то, что Китай занимает 1-ое место в мире по запасам угля, многие месторождения находятся в трудно доступных районах, а для освоения других месторождений требуются значительные средства, которые Китай не может выделить в условиях мирового экономического кризиса.

КНР и Россия добились развития двусторонних отношений во многих областях, включая экономику, политику, научно-техническое, культурное сотрудничество и другие области. Между двумя странами имеется соответствующая правовая база для развития двустороннего сотрудничества. С нашей точки зрения, география объектов сотрудничества в области топливно-энергетического комплекса может быть расширена. Имеются хорошие возможности для сотрудничества сторон в развитии угольной промышленности в районах Дальнего Востока России, в особенности в области освоения месторождений угля в Южной Якутии.

Республика Саха (Якутия) занимает основное место по энергетическому потенциалу среди районов Дальнего Востока России. Разведанные запасы угля в районах Южной Якутии составляют 4609,5 млн. тонн, в том числе запасы углей коксующихся марок составляют 4056,5 млн. тонн, запасы энергетических углей составляют 553,0 млн. тонн. Якутия обладает значительными прогнозными запасами различных марок углей, которые можно рассматривать в качестве базы для развития не только угольной, но и химической и металлургической промышленности страны в целом.

Крупнейшим месторождением высококачественного коксующегося угля в Якутии является Эльгинское месторождение. Его прогнозные запасы превышают 2,2 млрд. т. Особенностью данного месторождения является его геологическая структура, которая включает пласты угля шириной до 15 метров с промежуточными отложениями шириной в несколько метров. Расположено данное месторождение в Юго-Восточной Якутии, в центральной части Токинского угольного бассейна на расстоянии 415 километров восточнее города Нерюнгри.

Данное месторождение соединено железнодорожной веткой с Байкало-Амурской магистралью, длина ее составляет 321 километр. На месторождении имеется вся необходимая производственная инфраструктура. Эльгинское месторождение можно разрабатывать открытым способом, в этом случае себестоимость продукции будет гораздо дешевле, чем при использовании шахтного способа добычи.

Для сотрудничества имеются определенные предпосылки, поскольку в настоящее время решается вопрос о создании в Южной Якутии территорий опережающего развития, одна из которых будет включать Эльгинское месторождение.

Для иностранных предпринимателей, действующих на данных территориях, будут предоставлены соответствующие льготы. Дополнительные льготы будут предоставляться на местном уровне по линии Правительства Республики Саха (Якутия).

E. Osipova (E.B. Ocunova)

FEFU, Vladivostok

MODELLING OF ROCKSALT DOME BASIN FORMATION UNIFORM MECHANISM (МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕДИНОГО МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ СОЛЯНОКУПОЛЬНОГО БАСЕЙНА)

Аннотация

Исследована пространственная задача механико-математического моделирования единого механизма, условий и закономерностей образования солянокупольного бассейна в осадочном чехле земной коры. Возникновение и формирование таких структур представлено как следствие гидродинамической неустойчивости Релея-Тэйлора. Численно-графический анализ выполнен на примере геологической обстановки бассейна Прикаспийской впадины.

Модельное течение в поле силы тяжести двух вязких несжимаемых жидкостей с различными физическими свойствами и инвертированным плотностным распределением, на поверхности раздела которых естественным образом развивается гравитационная неустойчивость Релея-Тэйлора, используется для описания формирования солянокупольных структур в осадочных чехлах соленосных бассейнов материков [1]. Основной движущей силой формирования куполов является положительная разность между средней плотностью надсолевых осадочных пород и плотностью соли [2]. Осадочная надсолевая толща имеет достаточную мощность, обеспечивающую давление, при котором соль приобретает свойства вязких жидкостей. Соль и окружающие осадочные породы под постоянно действующим давлением ведут себя как “сильно вязкие” жидкости [3]. Процесс неустойчивости развивается очень медленно, со скоростью порядка от 1 мм/100 лет до 1 см/год [4]. В этом случае вязкие силы, возникающие при сдвиговом движении жидкости, значительно преобладают над силами инерции, связанных с ускорением. Поэтому для математического описания этого процесса используем линеаризованную систему уравнений в приближении Стокса [5].

Соляной диапиризм в перекрывающие осадочные породы способствует формированию «ловушек», скоплению нефти и газа в залежи. Поскольку с соляными куполами связаны разведанные и разрабатываемые месторождения нефти и газа, то, актуальны модельные исследования, направленные на изучение механизма и закономерностей формирования, временного и пространственного размещения соляных структур в соот-

ветствующих бассейнах.

Предложено последовательное механико-математическое моделирование единого механизма, условий и закономерностей образования солянокупольного бассейна как следствие «ползущих» движений в рамках гидродинамической неустойчивости Релея-Тэйлора в поле силы тяжести.

Рассмотрим решение в эллиптической цилиндрической системе координат $O_{\xi\eta z}$. Линеаризованные уравнения в приближении Стокса, допустимы в случае медленного движения вязкой жидкости и малости амплитуды возмущения по сравнению с длиной волны. По мере нарастания возмущения предполагаем, что по мере развития основного процесса на нелинейной стадии развития неустойчивости [6] имеем изменение формы поверхности $\zeta(\xi, \eta, z, T)$ раздела надсолевые осадочные породы - соль, которая определяется компонентой v_z скорости движения частиц среды. Имеем:

$$v_z = \partial \zeta^* / \partial t + (\sqrt{2}/C \sqrt{\text{ch} 2\xi - \cos 2\eta}) \cdot [v_\xi \cdot (\partial \zeta^* / \partial \xi) + v_\eta \cdot (\partial \zeta^* / \partial \eta)] \quad (1)$$

Коэффициенты $\partial \zeta^* / \partial \xi, \partial \zeta^* / \partial \eta$ в уравнении (1) определяют тангенс угла наклона поверхности раздела в заданной точке. До тех пор пока этот наклон мал, нелинейными слагаемыми в уравнении (1) пренебрегаем, и допустима линейная аппроксимация. Тогда уравнение поверхности раздела $\zeta^*(\xi, \eta, z, t)$ на линейной стадии имеет вид:

$$\zeta^*(\xi, \eta, z, t) = (1/\omega) \cdot \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} [-\lambda^* (A_{1m} \exp(\lambda^* z) - A_{2m} \exp(-\lambda^* z)) + [(\lambda^2 + k^2)/k]] \cdot (C_{1m} \exp(\lambda z) + C_{2m} \exp(-\lambda z)) \right\} \cdot \text{Se}_m(d, \cos \eta) \cdot \text{Je}_m(d, \text{ch} \xi) \cdot \exp(\omega t). \quad (2)$$

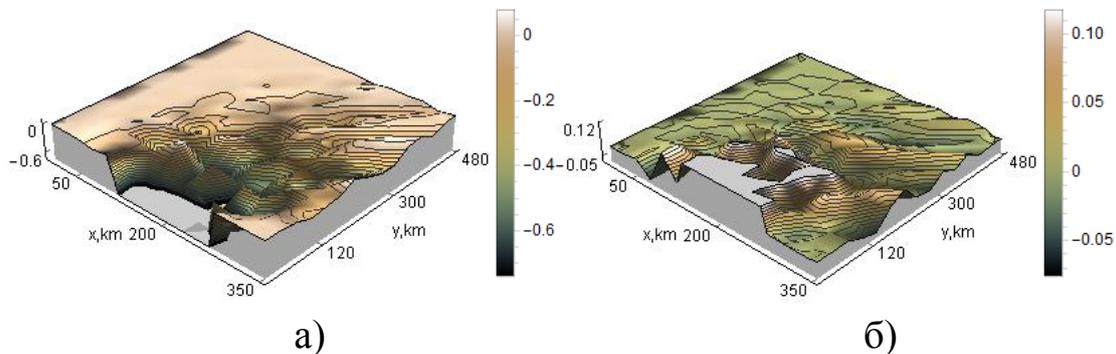
По мере развития неустойчивости нелинейные члены становятся доминирующими. Тогда при $z = \zeta^*(\xi, \eta, z, t)$ нелинейный множитель выражения (1) преобразуется к виду:

$$\begin{aligned} & [v_\xi \cdot (\partial \zeta^* / \partial \xi) + v_\eta \cdot (\partial \zeta^* / \partial \eta)]_{z=\zeta^*} = \\ & = \left\{ (1/H_1) \cdot \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} [-(A_{1m} \exp(\lambda^* \zeta^*) + A_{2m} \exp(-\lambda^* \zeta^*)) + (\lambda/k) \cdot \right. \right. \\ & \cdot (C_{1m} \exp(\lambda \zeta^*) - C_{2m} \exp(-\lambda \zeta^*)) \left. \right\} \cdot \text{Se}_m(d, \cos \eta) [\text{Je}_m(d, \text{ch} \xi)]'_\xi + \\ & + \sum_{m=1}^{\infty} (B_{1m} \exp(\lambda \zeta^*) + B_{2m} \exp(-\lambda \zeta^*)) [\text{So}_m(d, \cos \eta)]'_\eta \text{Jo}_m(d, \text{ch} \xi) \left. \right\} \cdot \\ & \cdot (1/\omega) \cdot \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} [-\lambda^* (A_{1m} \exp(\lambda^* \zeta^*) - A_{2m} \exp(-\lambda^* \zeta^*)) + [(\lambda^2 + k^2)/k]] \right\}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \cdot (C_{1m} \exp(\lambda \zeta^*) + C_{2m} \exp(-\lambda \zeta^*)) \cdot Se_m(d, \cos \eta) \cdot [Je_m(d, \operatorname{ch} \xi)]'_\xi \Big\} + \\
& + (1/H_1) \cdot \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} [- (A_{1m} \exp(\lambda^* \zeta^*) + A_{2m} \exp(-\lambda^* \zeta^*)) + (\lambda/k) \right. \\
& \cdot (C_{1m} \exp(\lambda \zeta^*) - C_{2m} \exp(-\lambda \zeta^*)) \cdot [Se_m(d, \cos \eta)]'_\eta \cdot Je_m(d, \operatorname{ch} \xi) - \\
& - \sum_{m=1}^{\infty} (B_{1m} \exp(\lambda \zeta^*) + B_{2m} \exp(-\lambda \zeta^*)) \cdot So_m(d, \cos \eta) \cdot [Jo_m(d, \operatorname{ch} \xi)]'_\xi \Big\} \\
& \cdot (1/\omega) \cdot \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} [- \lambda^* (A_{1m} \exp(\lambda^* \zeta^*) - A_{2m} \exp(-\lambda^* \zeta^*)) + [(\lambda^2 + k^2)/k] \right. \\
& \left. \cdot (C_{1m} \exp(\lambda \zeta^*) + C_{2m} \exp(-\lambda \zeta^*)) \cdot [Se_m(d, \cos \eta)]'_\eta \cdot Je_m(d, \operatorname{ch} \xi) \right\} \cdot \exp(2\omega T).
\end{aligned} \tag{3}$$

Общий анализ (1) с учетом нелинейной части (3) позволяет установить особенности формирования поверхности раздела $\zeta(\xi, \eta, z, T)$ по мере развития неустойчивости. Усложненный характер взаимодействия функций Матье ($Se_m(d, \cos \eta)$, $Je_m(d, \operatorname{ch} \xi)$, $So_m(d, \cos \eta)$, $Jo_m(d, \operatorname{ch} \xi)$) определяет механизм образования и развития куполов и впадин.

Численно-графический анализ единого механизма формирования и развития солянокупольных структур на поверхности раздела системы: надсолевые осадочные породы - соль выполнен для геологического пространства бассейна Прикаспийской впадины, в стратиграфическом разрезе которой представлены отдельные крупные купола, комплексы поднятий. На рисунках 1(а) и 1(б) для сравнения приведены графики поверхности раздела: осадочные породы – соль области D ($0 \text{ км} \leq x \leq 350 \text{ км}$, $0 \text{ км} \leq y \leq 480 \text{ км}$) на нелинейной стадии за время $T = 4.0 \cdot 10^5$ лет (а) и $T = 5.0 \cdot 10^5$ лет (б), линейная стадия соответствует времени $t = 250$ лет. На рисунках 1(в, д) и 1(г, ж) для сравнения приведены графики сечений этих поверхностей на нелинейной стадии за время $T = 4.0 \cdot 10^5$ лет и $T = 5.0 \cdot 10^5$ лет (сплошные линии) и линейной стадии за время $t = 250$ лет (точками).



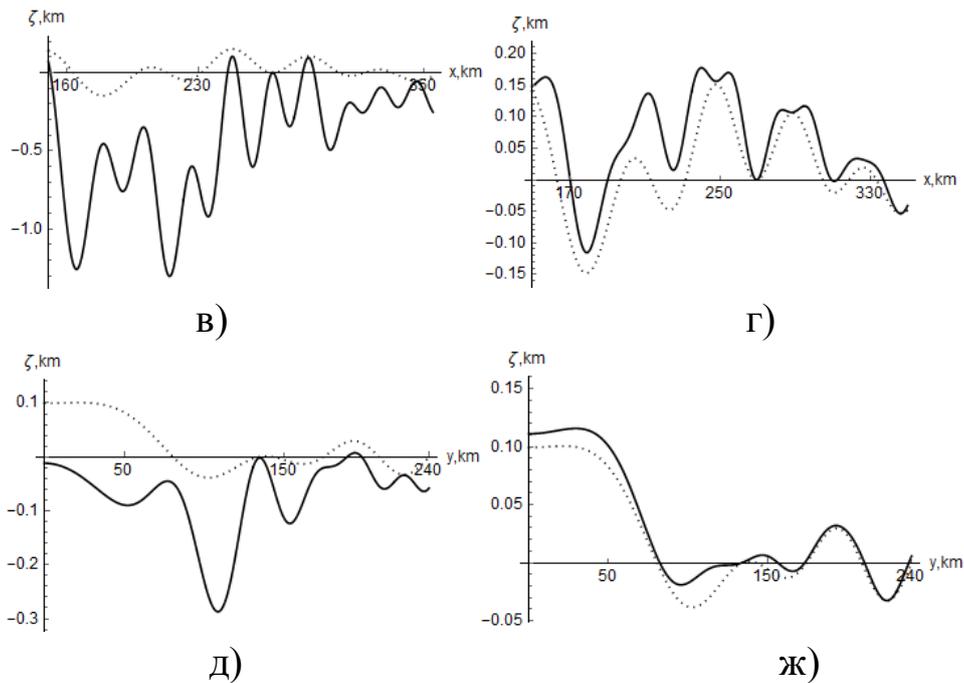


Рис. 1. Графики поверхности раздела: осадочные породы–соль области D на нелинейной стадии за время $T = 4.0 \cdot 10^5$ лет (а) и $T = 5.0 \cdot 10^5$ лет (б) и сечений этих поверхностей на нелинейной стадии за время $T = 4.0 \cdot 10^5$ лет (в, д) и $T = 5.0 \cdot 10^5$ лет (г, ж) (сплошные линии), на линейной стадии за время $t = 250$ лет (точками)

Установлено усложненное движение (слияние, искажение первоначально регулярного структурного распределения), как куполов, так и впадин, причем сначала преобладают нисходящие движения впадин, а затем – восходящие движения куполов. Интенсивность роста и формирования рельефа не равномерна и различна по всем координатным направлениям. Выражена асимметрия роста структур относительно начальной поверхности. Вклад нелинейных слагаемых на ранних стадиях развития неустойчивости пренебрежимо мал, но по мере развития процесса преобладает. Пространственное распространение куполов различается по форме, ориентации, размерам и конфигурации. В центральной части преобладают отдельные массивные купола с большой амплитудой и плоской вершиной. Эта зона характеризуется наиболее интенсивным развитием солянокупольных структур, при этом в окрестности крупных куполов в межкупольных впадинах наблюдается развитие смежных куполов с меньшей амплитудой. В промежуточных областях наблюдается постепенный переход к структурам с небольшой амплитудой, при этом размеры соляных куполов невелики и могут быть меньше размеров межкупольных впадин.

Модельные закономерности распространения и формирования солянокупольных структур на границе раздела: надсолевые осадочные породы

– соль не противоречат реальной обстановке солянокупольного бассейна Прикаспийской впадины.

Литература

1. Гзовский М.В. Метод моделирования в тектонофизике// Советская геология.- 1958.- № 4.- С. 53-72.
2. Сычева-Михайлова А.М. Механизм тектонических процессов в обстановке инверсии плотности горных пород.- М.: Недра, 1973.- 137 с.
3. Ержанов Ж.С., Бергман Э.Н. Ползучесть соляных пород.-Алма-Ата: Наука, 1977. -110 с.
4. Яншин А.Л. О глубине солеродных бассейнов и некоторых вопросах деформирования мощных соляных толщ // Геология и геофизика.- 1961.- N1.- С.3-15.
5. Daneš Z.F. Mathematical formulation of salt-dome dynamics// Geophysics.- 1964.- V. XXIX, N3.- P. 414-424.
6. Осипова Е.Б. Исследование фундаментальной моды неустойчивости Релея-Тейлора в бассейне эллиптической формы// Вычислительные технологии.- 1999. - Т.4, N2. - С.51–58.

1 V. Makarov, 1 L. Ksendzenko, 2 A. Losev (B.B. Макаров, Л.С. Ксэндзенко, А.С. Лосев)

1FEFU, Vladivostok

2Institute of Applied Mathematics FEB RAS, Vladivostok

STATUS ANALYSIS AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF ZONAL FRACTURE (DISINTEGRATION) OF THE ROCK MASS AROUND UNDERGROUND WORKINGS (СОСТОЯНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗОНАЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ (ДЕЗИНТЕГРАЦИИ) МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ВОКРУГ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК)

Аннотация

В настоящей работе приводится обзор новых, наиболее значимых теоретических и экспериментальных результатов в области зонального разрушения (дезинтеграции) горных пород, в том числе основанных на использовании неевклидовой модели сплошной среды. Проводится сравнительный анализ аналитического и численного определения параметра периодичности модели зонального разрушения массива горных пород вокруг глубокой выработки круглого сечения. Данные натурных измерений сравниваются с результатами, полученными теоретически. Предлагается методика совместного использования рассмотренных подходов в зависимости от постановки задачи.

Исследования геомеханических явлений и процессов в массивах горных пород в условиях больших глубин приобретают все большую значимость в связи с ежегодным увеличением средней глубины разработки месторождений в мире. Одной из важнейших проблем геомеханики является зональный характер разрушения (дезинтеграции) горных пород вокруг глубоких подземных выработок. Для ее решения требуется разработка соответствующих моделей, адекватно описывающих это явление и позволяющих проводить прогнозные расчеты зональной структуры разрушения. Исследования механизма данного явления невозможно без проведения как натурных, так и лабораторных экспериментов, а также их аналитического описания.

В работе [1] на основе неевклидовой модели сплошной среды разработана и исследована модель зонального разрушения массива горных по-

род вокруг глубоких цилиндрической и сферической выработок. Решена задача о распределении поля напряжений в цилиндрическом образце в предразрушающей стадии нагружения. Выявлен механизм эффекта смены знака приращения деформаций образцов горных пород при сжатии, а также периодический характер деформаций по высоте и периметру образца. Представленные результаты аналитических исследований закономерностей зонального разрушения горных пород вокруг выработок сопоставлены с данными натурных экспериментов и показана их хорошая коррелированность.

В монографии [2] авторами проведен анализ существующих представлений о напряженно-деформированном состоянии горных пород вокруг подземных выработок и представлены результаты оригинальных авторских исследований и разработок, касающихся явления зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок, направленные на решение проблем повышения устойчивости подземных горных выработок в условиях больших глубин. Выделены факторы и параметры, влияющие на эффект зональной дезинтеграции. Исследование напряженно-деформированного состояния угольных, рудных и породных массивов вокруг одиночных выработок и их пересечений подкреплено новыми экспериментальными данными. Теоретическое истолкование обнаруженного авторами явления подкреплено результатами лабораторных и натурных экспериментов с последующими рекомендациями по использованию в горном деле. В частности, сведения о геологическом строении Талнахско-Октябрьского месторождения медно-никелевых руд подкреплены новыми экспериментальными результатами, полученными на Талнахских рудниках. Данные о шахтных исследованиях на Норильском горно-металлургическом комбинате по измерению напряжений и деформаций в удароопасных массивах горных пород, анализируются с позиции существа разрушения пород в окрестностях горных выработок и нацелены на обеспечение устойчивости обнажений горных пород и прогноз динамических явлений.

Результаты аналитических и экспериментальных исследований закономерностей деформирования и разрушения горных пород в условиях действия больших сжимающих напряжений приведены в [3]. Рассматриваются модели зонального разрушения вмещающего массива горных пород вокруг подземных выработок и осцилляционного, периодического ти-

па деформирования образцов горных пород. Показана хорошая сходимость результатов экспериментальных и аналитических авторских исследований. Однако в данной постановке задачи и полученном решении, актуальным остается вопрос качественного и точного определения параметров рассматриваемой модели. А именно, особенно важным моментом является степень точности определение параметра периодичности λ , и его влияние на точность прогнозов, числа, положения и протяженности зон разрушения массива горных пород.

В ходе рассмотрения данного вопроса нами было разработано два независимых подхода определения параметра λ . Аналитический подход, на основе натуральных экспериментов для исследованных месторождений. Получена аналитическая зависимость между параметром λ и расстоянием от контура выработки до середины первой зоны разрушения в единицах радиуса выработки r ,

где r^* – середина первой зоны разрушения, считая от контура выработки, радиус выработки, м. [3]

Численный подход, основан на численном подборе параметра λ , при котором параметры функции дефектности принимают наибольшие отрицательные значения на контуре выработки, что характеризуется достижением функция дефектности на контуре выработки экстремального значения, и соответственно наличием зоны разрушения [3].

Каждый из предложенных подходов обладает своими достоинствами и недостатками, в частности, аналитический подход, определяет параметр с точностью до целых, не до конца апробирован на новых месторождениях, но является очень доступным и простым в вычислительном плане. Численный подход, является общим способом определения параметра λ , который позволяет вычислить искомый параметр с заданным уровнем точности, но требует весьма трудоемких вычислений.

В ходе расчета параметра периодичности для исследованных месторождений, по обеим методикам было получено, что расхождение в точности, в некоторых случаях доходит до 11,21%.

Более детальное рассмотрение, для Норильского месторождения и угольной шахты Dingji (КНР) [4] показало, что в сравнении с натурными данными, чувствительность параметра λ определяется двумя знаками после запятой. После чего для обоих месторождений был проведен сравнительный анализ данных натуральных наблюдений [4] и результатов теоретиче-

ских численных расчетов. Расчет относительной погрешности для рассматриваемых месторождений, показывает, что увеличение числа знаков после запятой, положительно отражается на вычислении границ зон разрушения в общем случае. В частности для Норильского месторождения и угольной шахты Dingji (КНР), можно сказать, что для первой зоны увеличение числа знаков носит уточняющий характер, т.к. погрешность уменьшается не более чем на 1%, в то время как относительная погрешность определения границ остальных зон разрушения сокращается более существенно: от 2 до 4%.

Работа выполнена при поддержке Гранта Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания No. 5.2535.2014К.

Литература

1. Гузев М.А., Макаров В.В. Деформирование и разрушение сильно сжатых горных пород вокруг выработок. Владивосток : Дальнаука, 2007. – 232 с.
2. Зональная дезинтеграция горных пород и устойчивость подземных выработок / [В.Н. Опарин и др.]; отв. Ред. М.А. Гузев; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т горного дела.-Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2008. – 278 с.
3. Ксендзенко Л.С., Макаров В.В., Опанасюк Н.А., Голосов А.М. Закономерности деформирования и разрушения сильно сжатых горных пород и массивов: монография / Инженерная школа ДВФУ. Владивосток: ДВФУ. – 2014. – 192 с.
4. Li S., Wang H., Qian Q., Fan Q., Yuan L., Xue J., Zhang Q. (2008). «In-situ monitoring of zonal disintegration of surrounding rock mass in deep mine roadways». Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 27(8), 1545–1553.

*V. Makishin, A. Malikov, A. Suvorova, N. Zabrodskaya (В.Н. Макишин,
А.С. Маликов, А.Э. Суворова, Н.С. Забродская)*

FEFU, Vladivostok

**JUSTIFICATION OF THE DESIGN OF UNDERGROUND ROAD
SYSTEMS BASED ON ZONING OF URBAN AREAS (ОБОСНОВАНИЕ
ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ РАЙОНИРОВАНИЯ
ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ)**

Рассматривается тенденция развития современных мегаполисов, увеличение транспортных и пассажиропотоков в связи с увеличением этажности и концентрации деловых и социально-культурных центров. Это ведет к увеличению кадастровой стоимости земель, при этом этот рост существенно изменяется в зависимости от их назначения. Районирование городских территорий позволяет не только определить, какие земли пересекаются городскими коммуникациями, но и учесть стоимость этих земель в общей стоимости дорожного строительства.

В связи с тем, что земли под жилыми и производственными объектами имеют существенно большую стоимость по сравнению с автодорогами, имеет место определенный захват дорожного полотна за счет уменьшения ширины пешеходных зон, размещения на них легких сооружений. При выборе трассы нового строительства нет возможности ее прокладки по кадастровым границам. В связи с этим представляет интерес строительство подземных транспортных коммуникаций и создание сопутствующей инфраструктуры в виде подходных и камерных выработок различного назначения.

Строительство тоннелей даст возможность перевода части земель в более высокую кадастровую категорию, появляется возможность этапного строительства подземных коммуникаций, в первую очередь на проблемных участках. По мере роста транспортных и пассажиропотоков целесообразно развитие подземной транспортной инфраструктуры путем объединения отдельных тоннелей в единую систему или создание многоуровневых транспортных траекторий. Следует отметить, что глубокое заложение транспортных тоннелей резко снижает затраты на пересечение уже

существующей подземной инфраструктуры города (подземные кабельные линии, канализационные тоннели, ливневая канализация и т.д.)

*T. Ivanova, I. Zimbovskiy, E. Kororulina (Т.А. Иванова,
И.Г. Зимбовский, Е.В. Копорулина)*

**Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
RAS, Moscow**

**USING COLOR IDENTIFICATION FLOTATION COLLECTORS
OF COMPLEX COMPOUNDS WITH METALS AND MINERAL
SURFACES IN SOLUTIONS (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦВЕТОВОЙ
ИДЕНТИФИКАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
ФЛОТАЦИОННЫХ СОБИРАТЕЛЕЙ С МЕТАЛЛАМИ
НА МИНЕРАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И В РАСТВОРАХ)**

Сорбцию флотационных реагентов на поверхности минералов в последнее время часто изучают современными методами микроскопии. Подобные исследования с успехом проводятся с использованием аналитической растровой электронной микроскопии (РЭМ). Зафиксирована сорбция таких фосфорсодержащих реагентов как диалкилдитиофосфаты, дитиофосфинаты на сульфидных минералах. Однако, при разделении сигналов, поступающих от тонких поверхностных образований и объема минеральной подложки, не позволяет с уверенностью его использовать при работе с большинством органических реагентов с низкими средними атомными номерами.

Оптическая микроскопия, и ее разновидность - лазерная сканирующая конфокальная микроскопия (ЛКСМ) - более информативна с точки зрения получения изображений и характеристик различных тонкопленочных объектов и капель на поверхности массивных подложек.

Предложен качественный метод подтверждения химической адсорбции флотационных реагентов по окраске комплексных соединений на поверхности минералов. С помощью микроскопических исследований шлифов халькопирита, пирита и сперрилита, а также частиц пирита с искус-

ственно нанесенными микрочастицами золота, обнаружено соответствие цветов соединений, образовавшихся на минеральной поверхности после контакта с комплексообразующими реагентами, с цветами соединений, полученных при взаимодействии этих реагентов с соответствующими ионами металлов в растворе.

В работе использованы флотационные реагенты 1-фенил-2,3-диметил - 4-диметиламинопиразолон-5 (АМД), пергидро-1,3,5-дитиазин-5-ил-метан (МТХ), роданид аммония (NH_4CNS), образующие цветные соединения с катионами меди, платины, золота и железа. На основе этих веществ синтезированы вещества-свидетели для цветовой идентификации новообразований на поверхности минералов.

Морфологию и элементный состав поверхности минералов и новообразований на них после адсорбции изучали на (РЭМ) LEO 1420VP с микроанализатором INCA 350. Для оценки цвета новообразований использовали оптический микроскоп Olympus Vx51 и лазерный сканирующий конфокальный микроскоп ЛСКМ KEYENCE VK-9700, сочетающий удобства цифрового оптического микроскопа, высокую точность, характерную для электронного микроскопа, и позволяющий получить изображение с реалистичной цветопередачей. Цветовая идентификация флотационных реагентов, адсорбированных на минеральной поверхности в виде окрашенных комплексных соединений, может служить дополнением к традиционным прямым и косвенным методам изучения механизма селективной адсорбции реагентов и способствовать правильному выбору условий для их эффективного применения.

*T. Matveeva, T. Ivanova, L. Lantsova, A. Gapchich (Т.Н. Матвеева,
Т.А. Иванова, Л.Б. Ланцова, А.О. Ганчич)*

**Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
RAS, Moscow**

**APPLICATION OF PLANT REAGENT FOR GOLD RECOVERY IN
THE FLOTATION OF REFRACTORY GOLD ORE (ПРИМЕНЕНИЕ
РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ПРИ
ФЛОТАЦИИ УПОРНОЙ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ)**

Актуальность применения новых растительных реагентов в качестве модификаторов флотации состоит в возможности замены токсичных химических реагентов экологически безопасными веществами растительного происхождения.

За рубежом растительные реагенты (крахмал, декстрин, квебрахо и др.) используются при флотации некоторых видов сульфидных и мало-сульфидных руд для депрессии окисленных минералов пустой породы. Известен способ флотации сульфидных руд в присутствии реагента, реагента, содержащего продукт взаимодействия квебрахо и декстрина (Патент США 4880 529). Отечественными разработками предложено использование традиционных для флотации модификаторов растительного происхождения – производных крахмала (Патент РФ 2179480), а также новых видов органических реагентов, например, гумата натрия (Патент РФ № 2038858).

В ИПКОН РАН разработан способ селекции пирита и арсенопирита при использовании коры дуба (ЭКД) в качестве модификатора при флотации золотосодержащих сульфидов ксантогенатом и оксипропиловым эфиром диэтилдитиокарбаминовой кислоты (Патент РФ 2397025).

В настоящей работе приведены результаты лабораторных флотационных испытаний растительного реагента БО, в состав которого входят хорошо растворимые в воде пектиновые вещества, белки, дубильные вещества, аминокислоты, глютамин, эфиры масляной и уксусной кислоты, которые накапливаются в листьях и стеблях зонтичных растений. Наличие гидрофильных групп в молекулах этих соединений и определяет их воздействие на флотируемость минералов.

Испытания, проведенные по схеме прямой флотации в открытом цикле с получением концентрата и хвостов, показали, что разработанный реагентный режим с применением БО в сочетании с CuSO_4 и БутКс при флотации проб золотосодержащей руды с низким содержанием золота (1,5 и 0,5 г/т Au) позволил получить золотосодержащие концентраты с приростом содержания золота в 1,2 раза при повышении извлечения золота на 2,32 – 8,45%. Предварительная технико-экономическая оценка применения нового реагентного режима показала его инвестиционную привлекательность и возможность получения дополнительной прибыли от его внедрения.

Matveeva T., Gapchich A. (Матвеева Т.Н., Ганчич А.О.)

**Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
RAS, Moscow**

**STUDY OF ADSORPTION TMPF POLIMER ON THE SURFACE
GOLDPYRITE AND ARSENOPYRITE BY UV
СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ (ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ
ТЕРМОМОРФНОГО ПОЛИМЕРА ТМПФ НА ПОВЕРХНОСТИ
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ПИРИТА И АРСЕНОПИРИТА
МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ)**

В ИПКОН РАН разработан новый класс флотационных реагентов для извлечения тонких фракций золото- и платиносодержащих минералов – термоморфных полимеров с функциональными группами на благородные металлы (Патенты РФ №2368427, №2390382; В.А. Чантурия, В.В. Гетман. – ФТПРПИ. – 2015. - №3). В настоящей работе изучены адсорбционные свойства термоморфного полимера с функциональной группой этилендифенилфосфина (ТМПФ). Качественный и количественный анализ содержащегося в растворе ТМПФ проводили методом УФ-спектрофотометрии жидкой фазы на спектрофотометре «Shimadzu UV-1700», который позволяет получать данные как в виде графически выполненного спектра, так и в виде численных значений максимумов и минимумов поглощения с указанием длины волны. Для проведения сорбционных опытов были использованы навески пирита и арсенопирита, с искус-

ственно нанесенным на поверхность золотом, и природных минералов (класс крупности $-0,02+0,04$ мм). Характеристическая длина волны λ в воде для ТМПФ – 257 нм.

Для определения концентрации полимера в жидкой фазе был построен калибровочный график значений величины светопоглощения растворов ТМПФ с концентрацией 100, 200, 300, и 400 мг/л в дистиллированной воде.

В результате анализа УФ-спектров ТМПФ до и после контакта с минералами получены количественные экспериментальные зависимости адсорбции ТМПФ (мг/см²) на сульфидах с золотом и сульфидах без золота от концентрации полимера. Установлена преимущественная адсорбция ТМПФ на сульфидах, обогащенных золотом, которая при концентрации полимера 200 мг/л составила 0,18-0,2 мг/см². На сульфидах без золота адсорбция не превысила 0,03 мг/см². Избирательная адсорбция на золото-содержащих минералах позволяет рекомендовать ТМПФ для применения в качестве селективного реагента-собирателя при флотации золотосодержащих руд.

Matveeva T., Gromova N. (Матвеева Т.Н., Громова Н.К.)

**Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
RAS, Moscow**

**ANALYSIS OF COMBINED DIETHYLCHALCOPYRITE,
AND ARSENOPYRITE IN THE FLOTATION OF REFRACTORY
GOLD ORES (АНАЛИЗ ПЛЕНОК КОМБИНИРОВАННОГО
ДИЭТИЛДИТИОКАРБАМАТА НА ХАЛЬКОПИРИТЕ И
АРСЕНОПИРИТЕ ПРИ ФЛОТАЦИИ УПОРНЫХ
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД)**

В условиях вовлечения в переработку труднообогатимых руд благородных металлов с низким содержанием ценных компонентов и тонкой вкрапленностью золота повысить эффективность флотационного извлечения благородных металлов возможно путем создания новых сочетаний се-

лективных реагентов направленного действия и традиционных реагентов-собирателей, обеспечивающих прочное гидрофобное покрытие.

В ИПКОН РАН для флотационного извлечения сульфидных минералов с эмульсионной вкрапленностью золота разработаны и испытаны новые комбинированные реагенты-собиратели, в т.ч. модифицированный диэтилдитиокарбамат (ДЭДТКм) (Патент РФ № 2397025). ДЭДТКм является комбинированным реагентом, в состав которого помимо ионной формы основного компонента - диэтилдитиокарбамата (ДТК) входит неионогенный тиоэфир дитиокарбаминовой кислоты (ОПДТК) [Иванова Т. А., Матвеева Т. Н., Громова Н. К. Модифицирование раствора диэтилдитиокарбамата с целью получения селективного неионогенного собирателя для флотации платиносодержащих сульфидов // Горный журнал. — 2010. — № 12.]. Неионогенный компонент ОПДТК способен к образованию трудно растворимого в воде соединения с золотом в условиях флотации. Применение данного реагента в сочетании с ксантогенатом и растительным депрессором позволило повысить селективность процесса разделения золотосодержащих пирита и арсенопирита и снизить содержание мышьяка в пиритном концентрате.

В данной работе был исследован аналог ДЭДТКм, полученный путем добавления ОПДТК к раствору ДЭДТК в соотношении 1:1.

В связи с тем, что выбор оптимальных условий формирования гидрофобного слоя собирателя на поверхности золотосодержащих минералов является определяющим фактором повышения извлечения благородных металлов из труднообогатимых руд, проведено детальное исследование характера его адсорбции на поверхности арсенопирит, являющегося основным минералом-носителем золота в упорных сульфидных рудах, и халькопирита – аналогом активированного солями меди арсенопирита.

В результате исследования характера пленок комбинированного собирателя ДЭДТКм на аншлифах изученных минералов методами аналитической сканирующей электронной (LEO 1420VP + INCA Oxford 350) и лазерной микроскопии (KEYENCE VK-9700 с разрешением 1 нм) установлено, что после контакта с раствором реагента появляются характерные для молекулярной формы адсорбированного собирателя натечные выпуклые новообразования и пленка химически адсорбированного реагента, которая прочно закреплена на поверхности и не растворяется в воде при последующей отмывке. При этом, фаза неионогенной составляющей реа-

гента частично смывается водой, и форма капель становится более плоской. Методом рентгеновского микроанализа идентифицированы полосы С и О на поверхности арсенопирита и халькопирита, относящиеся к структуре комбинированного реагента. Установлен различный характер адсорбции компонентов комбинированного реагента, обусловленный химической, физической и комбинированной формами адсорбции. Неионогенная составляющая закрепляется на минерале в виде натечных каплевидных новообразований, имеющих четко очерченную округлую форму диаметром от 0.1 до 27.4 мкм и максимальную высоту от 0.65 до 1.85 мкм. Комбинированный реагент химически адсорбируется в виде новообразованной фазы неправильной формы размером 63 – 100 мкм и толщиной 10 – 20 мкм, что благоприятно для эффективной флотации золота из упорных руд.

A. Golosov, V. Makarov, N. Opanasyuk (А.М. Голосов, В.В. Макаров, Н.А. Опанасюк)

FEFU, Vladivostok

ON THE MECHANISM OF REVERSIBLE DEFORMATIONS IN ROCK FORMATIONS (О МЕХАНИЗМЕ РЕВЕРСИВНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ)

Реверсивный характер линейных деформаций образцов горных пород был установлен, по-видимому впервые в 1958 году. Тогда авторы не исследовали механизмы возникновения деформационных аномалий, но уже в последующих работах других авторов такие попытки предпринимались: реверсивный характер деформаций горных пород связывался с дилатационными эффектами при деформировании образцов в условиях одноосного сжатия; так же в качестве причины деформационных аномалий различного толка выдвигались остаточные напряжения. Однако эти гипотезы не выдержали критики при дальнейшем рассмотрении.

Для объяснения данного явления авторами была разработана гипотеза околоочагового реверсивного деформирования образцов горных пород при одноосном сжатии, заключающаяся в том, что в результате формирования очаговой области подготовки макроразрушения образца его дефор-

мации приобретают неоднородный характер, причем в самой очаговой области линейные деформации достигают экстремально больших значений обычного знака, а в прилегающей околоочаговой части реализуются реверсивные деформации. В настоящей работе авторы ставят целью проверку состоятельности данной гипотезы. Для этого был специально разработан метод комплексного исследования образцов горных пород в предразрушающем состоянии, включающий деформационную и акустическую методики, были проанализированы деформационные аномалии реверсивного типа в образцах горных пород при одноосном сжатии, определено место их возникновения по отношению к очаговой области подготовки макроразрушения.

Проведённые эксперименты подтверждают выдвинутую гипотезу: очаговая область имеет пониженный модуль общей деформации вследствие высокой концентрации мезотрещин. Это оказывает влияние на аномальное поведение горной породы в прилегающих к очаговой области участках образца: увеличение объема в очаговой области приводит к сжатию в соседних областях, перпендикулярных и соосных с осью нагружения. В этих соседних областях возникают области реверсивного деформирования с различными характеристиками.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки РФ в рамках проектной части государственного задания №5.2535.2014\К; гранта РФФИ № No. 26 16-35-00122\16.

E. Gorbatova, E. Emelyanenko, M. Zaretskiy, A. Tabuyko (E.A. Горбатова, E.A. Емельяненко, М.В. Зарецкий, А.В. Табуйко)

Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

**MULTI-CRITERIA SELECTION OF TECHNOLOGY
FOR PROCESSING OF ORE RAW MATERIALS
(МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ
ПЕРЕРАБОТКИ РУДНОГО СЫРЬЯ)**

Аннотация

Рассмотрены проблемы технологической подготовки горно-обогатительного производства. Выявлена совокупность параметров, определяющих качество процессов переработки рудного сырья. Установлено, что наиболее адекватным для формализации данных процессов является нечеткологический подход. Обоснован выбор наиболее приемлемого по всей совокупности параметров технологического процесса на основе методов многокритериального поиска решений в нечеткологическом варианте. Предложен алгоритм поиска наиболее приемлемого технологического процесса. На основе данного алгоритма реализован прототип экспертной системы.

Задачей горно-обогатительного производства является обеспечение перерабатывающих предприятий высококачественным сырьем. Сырьем для горно-обогатительных предприятий являются руды, существенно различающиеся по содержанию извлекаемых ценных элементов, содержанию вредных примесей, природному типу, гранулярному составу, структурно-текстурным особенностям. Попавшие в грунт и в водоносные горизонты ценные компоненты являются источниками заражения, а извлеченные с соблюдением мер экологической безопасности вредные примеси являются ценным промышленным сырьем [1]. Таким образом, разделение на ценные компоненты и вредные примеси можно считать условным.

Оборудование современного горно-обогатительного предприятия позволяет осуществлять выполнение различных технологических процессов в зависимости от характеристик рудного сырья. Актуальной является задача выбора оптимального в данных условиях технологического процесса. Основными критериями качества технологического процесса являются [2]:

- комплексность извлечения ценных компонентов;

- полнота извлечения ценных компонентов;
- экологическая безопасность;
- производительность перерабатывающего оборудования.

Следует отметить, что вышеперечисленные критерии противоречивы. Поэтому оптимальный технологический процесс реализует компромисс по отношению ко всем критериям при безусловном соблюдении нормативов экологической безопасности. В большинстве случаев невозможно сформулировать количественные характеристики, позволяющие сравнивать технологические процессы. Основным инструментом сравнения являются обработанные экспертные заключения [3].

Выбор оптимального технологического процесса требует анализа большого количества вариантов. В условиях современного производства эти функции выполняет ЭС автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП) [4].

Формализуем поставленную задачу на основе онтологической парадигмы. Следуя [5], в рассмотрение вводится онтология:

$Onto = \langle C, Pr, V, I, R, A, D \rangle$, где:

C – множество классов.

R – множество отношений вида «быть экземпляром» и т.п.

Pr – свойства классов;

V – значения свойств;

I – множество экземпляров класса;

A – множество аксиом;

D – множество алгоритмов вывода.

Компоненты онтологии описаны в [3, 6]. Алгоритмы вывода, как указывалось ранее, основаны на нечеткологической обработке экспертных заключений. Окончательное экспертное заключение генерируется на основе известного метода TOPSIS, модифицированного для работы с нечеткими данными [7].

Прототип экспертной системы реализован на свободно распространяемом языке программирования Python.

Литература

1. Технологические решения при переработке медно-колчеданных руд [Текст] / Р.А. Ягудин, Ю.Р. Ягудина, Е.А. Емельяненко // Горный журнал. 2014. - №7. – С. 30 – 33.
2. Абрамов, А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых руд / А.А. Абрамов. – М.: МГГУ, 2004. – 311 с.
3. Горбатова Е.А. Нечеткологическое определение способа вовлечения в производство некондиционного сырья в гидрометаллургии / Е.А. Горбатова, М.В. Зарецкий, И.З. Шияхметова // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ». Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ «ХПІ». - 2013. - № 19(992). – С. 10 -15.
4. Горбатова Е.А. Онтологический подход к разработке гибридных экспертных систем в гидрометаллургии / Е.А. Горбатова, М.В. Зарецкий // Информационные технологии и системы: труды Третьей междунар. конф. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2014. С. 70 – 71.
5. Черняховская Л.Р. Онтологический подход к разработке правил принятия решений в проектно менеджменте / Л.Р. Черняховская, А.И. Малахова // Информационные технологии и системы: труды Второй междунар. конф. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2013. С. 111 – 114.
6. Горбатова Е.А. Гибридная экспертная система в гидрометаллургии / Е.А. Горбатова, М.В. Зарецкий, И.З. Шияхметова // Информационные технологии и системы: труды Второй междунар. конф. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2013. С. 157 – 159.
7. G.R. Jahanshahloo, F.Hosseinzadeh Lotfi, M. Izadikhan. Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data, Applied Mathematics and Computation 181 (2006)1544-1551.

Kai Su 1,2, Youhong Sun 1,2, Wei Guo 1,2, Guobiao Zhang 1,2, A.V. Belov 3

¹**Jilin University, China**

²**Key Laboratory of Drilling and Exploitation Technology in Complex Conditions, China**

³**Far Eastern Federal University, Russia**

EXPERIMENTAL STUDY OF PHASE EQUILIBRIUM OF FRACTURED CH₄ AND CO₂ HYDRATES

Abstract

Fractured gas hydrates are the main reservoir type in the Qilian mountain region of AQ1 China, and CO₂ replacement method is an effective exploitation method. In order to clarify suitable temperature and pressure regions of this method, the equilibrium conditions for fractured CH₄ and CO₂ hydrates dissociation were obtained by step heating method. The results showed that climbing wall effect and self protection effect exist in the formation process of these two fractured hydrates, while fractured CH₄ hydrate performs more obviously. CH₄(g) and CO₂ hydrate(s) can coexist steadily in a region between the two hydrate equilibrium curves, which verifies the thermodynamic feasibility of CO₂ replacement method in fractured hydrate reservoir exploitation. Combined with CO₂ liquefaction curves and the two equilibrium curves, a hidden layer instability problem during the process of fractured hydrate reservoir exploitation using CO₂ replacement method was pointed out and a reasonable temperature and pressure region was put forward that provides a theoretical basis for further study in CO₂ replacement method. Keywords: replacement method, phase equilibrium, gas hydrate, step heating method, self-protection effect.

O. Kolesatova, E. Romanko, N. Grigoryeva, A. Timoshenko
(*О.С. Колесатова, Е.А. Романько, Н.Ю. Григорьева, А.Е. Тимошенко*)

Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

**EVALUATION OF PIT SLOPE STABILITY TAKING INTO ACCOUNT
THE STRUCTURAL FEATURES OF SIDE ROCK MASS
(ON THE EXAMPLE OF KAMAGANSKY PYRITES OREBODY)
(ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРА С УЧЕТОМ
СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИБОРТОВОГО МАССИВА
ПОРОД (НА ПРИМЕРЕ КАМАГАНСКОГО КОЛЧЕДАННОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ)**

Аннотация

Оценка устойчивости бортов карьера и обоснование их параметров при освоении месторождений открытой геотехнологией является актуальной научно-практической задачей. При определении положения и параметров призмы обрушения в массиве Камаганского месторождения учтена структурно-тектоническая нарушенность прибортового массива. По результатам оценки устойчивости массива в текущих контурах установлено устойчивое состояние борта карьера. Увеличивая угол наклона борта карьера до 50° возможно увеличить глубину ведения горных работ дорабатывая оставшиеся запасы в основании и бортах карьера, сократив расходы на ведение вскрышных работ обеспечивая при этом устойчивое состояние борта карьера.

Увеличение глубины и объемов открытых горных работ, усложнение инженерно-геологических условий разработки определяют качественно новый подход к обеспечению устойчивости бортов карьеров. Вопросы обеспечения устойчивости карьерных откосов, направленного изменения и контроля состояния массивов пород в бортах карьеров, является актуальной научной и практической проблемой, решение которой позволяет управлять состоянием прибортовых массивов карьеров, исключая развитие деформационных процессов при разработке месторождений [1].

Камаганское месторождение расположено на востоке республики Башкортостан, на западной окраине города Сибай. Месторождение находится в Сибайском рудном районе и локализуется в одноименной горст-антиклинали. В строении месторождения выделяют два структурных эта-

жа, нижний этаж представлен вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями карамалыташской свиты среднего девона, верхний этаж - глинистыми и глинисто-щебнистыми осадочными породами триаса и четвертичными элювиально-делювиальными и аллювиально-пролювиальными отложениями. Породы верхнего структурного этажа залегают несогласно на подстилающих отложениях. На Камаганском месторождении выделено 12 рудных тел залегающих в вулканогенных породах кислого состава в интервале глубин от 90 до 230 м. Вмещающие породы преобразованы в метасамотиты [4].

За время существования карьера Камаганского месторождения произошло пять различных деформаций бортов (рис.). Первые деформации на участке восточного – юго-восточного борта были зафиксированы в конце 2000 года в виде отдельных микротрещин и осыпобразования верхней бровки уступа. Интенсивное развитие деформации произошло в 2002 году в виде оползня при глубине карьера 87 м. Дальнейшее деформирование протекало в виде просадок прибортовой поверхности и верхних уступов, сложенных наносами и выветрелыми породами. С расширением фронта горных работ на юг происходило и расширение зоны деформирования. В июне 2007 года на участке произошла деформация шириной до 45 м в уступах скальных пород и наносов с поверхности до гор. 312 м и по двум тектоническим нарушениям, образующим клин. Величина смещения достигала 3-4 м по поверхности. В феврале 2008 деформация вновь активизировалась в виде просадок прибортовой поверхности до 1,7-2 м. По простиранию борта деформация достигла 370 м, распространяясь на 50-80 м от верхней бровки борта.



Рис. 1. Деформация №5 Камаганского месторождения

Таким образом, в процессе отработки Камаганского карьера наиболее сложными условиями отличаются восточный и южный борта карьера, устойчивость которых осложнена деформациями.

Проведя анализ, были выделены основные факторы [2], спровоцировавшие деформационные процессы:

- инженерно – геологические: генетический тип пород, литолого-петрографический состав, структурно-тектоническая нарушенность прибортового массива;

- горно – технические: принятые геометрические параметры карьера и технологии отработки не учитывают геологических особенностей месторождения, наличие динамических нагрузок.

На Камаганском месторождении закартированы дизъюнктивные тектонические нарушения. Самым крупным является Восточно-Сибайский разлом. Плоскость разлома проходит в 200–300 м восточнее восточного борта карьера. Его оперяют два разлома субмеридионального и один субширотного простирания. Тектоническая зона сопровождается мощной зоной раздробленных и рассланцованных горных пород.

Массив горных пород характеризуется развитием трещин разных пространственных характеристик. По результатам замеров было установлено 9 систем трещин. К наиболее опасным относят продольные и диагональные согласнопадающие с откосом системы трещин, в сочетании друг с другом образующие породные призмы возможного обрушения. Для выявления таких систем трещин в условиях Камаганского месторождения применялась классификационная круговая диаграмма трещиноватости. На месторождении преобладают продольные наклонные, диагональные крутые и наклонные согласнопадающие системы трещин. Сочетание продольной согласнопадающей трещины (аз. пад. 310° , уг. пад. 30°) и подсекающих ее двух диагональных, падающих навстречу друг другу, (аз. пад. 280° , уг. пад. 40° и аз. пад. 175° , уг. пад. 30°) обуславливают пространственное положение в прибортовом массиве призмы обрушения.

Для определения геометрических параметров призмы обрушения использована тензорно-вероятностную модель анизотропии интенсивности трещиноватости [3]. Ее применение позволило определить линейные размеры естественной отдельности ($a = 1,26$ м, $b = 1,86$ м, $c = 1,23$ м), блочность участка $v = 0,4668$ м³, среднюю интенсивность трещиноватости

$[L] = 7.141 \text{ 1/м}$ и средняя площадь сечения естественной отдельности $S = 0,205 \text{ м}^2$.

Оценка устойчивости борта карьера произведена методом многоугольника сил, который позволяет оценить устойчивость бортов карьеров, установить места возможных разрывов грунта (место перехода от устойчивых к неустойчивым частям блока) и целесообразного расположения удерживающих конструкций (то есть при $K_y \leq 1$) [5, 6].

Расчет коэффициента запаса устойчивости (КЗУ) производился по 8 расчетным профилям, для условий: высота борта карьера 140-150 м, угол наклона борта $40-46^\circ$. Для данных условий полученный коэффициент запаса устойчивости находится в пределах 1.20-1.45, что свидетельствует об устойчивом состоянии бортов карьера. При этом маркшейдерскими и визуальными наблюдениями на месторождении не установлены деформационные процессы. Также проведен расчет коэффициента запаса устойчивости при угле наклона борта карьера 50° и высоте борта в скальных вмещающих породах $H=100$ м. Расчетами установлена возможность увеличения угла наклона борта до 50° , при этом коэффициент запаса устойчивости находится в пределах 1.2-1.3.

Согласно выполненным расчетам по оценке устойчивости бортов карьеров с учетом пространственных и геометрических характеристик призмы возможного обрушения с использованием тензорно-вероятностной модели анизотропии интенсивности трещиноватости и использованием способа многоугольника сил установлено устойчивое состояние прибортового массива для текущих параметров карьера. Установлено также, что при увеличении углов наклона бортов карьера до 50° устойчивое состояние борта карьера сохранится, и появится возможность углубить горные работы оставаясь в тех же контурах карьера по поверхности, сократив затраты на производство вскрышных работ.

Литература

1. Картунова С.О., Романько Е.А., Бортновская Л.Н. [Противооползневые мероприятия для месторождения «Подотвальное» ГОП ОАО «ММК»](#) // [Актуальные проблемы современной науки, техники и образования](#). Т.1. – Магнитогорск: изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2015 - С. 45-48.

2. Литвиненко Н.В., Филиппова Т.В., [Горбатова Е.А.](#), [Колесатова О.С.](#) Анализ факторов, влияющих на устойчивость бортов карьеров //

[Актуальные проблемы современной науки, техники и образования.](#) – 2011. - №1. – С. 40-43.

3. Редькин Г.М. Показатели структурной раздробленности массивов горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. - № 12. – С. 219-224.

4. Рыльникова М.В. Условия и процессы вторичного минералообразования при эксплуатации медноколчеданных месторождений: монография // Рыльникова М.В., Горбатова Е.А., Емельяненко Е.А.// - М.: ИПКОН РАН, 2009. – 185 С.

5. Пушкарев В.И., Колесатова О.С. Оценка и контроль деформирующихся бортов карьера «Юбилейный» // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. - № 9. – С. 278-282.

6. Чумарина Т. М., [Колесатова О. С.](#) Сопоставление методов оценки устойчивости бортов карьеров при комбинированной схеме отработки // Научные исследования и инновации. – 2011. - № 2. – С. 125-126.

C. Li^{1,2}, B.C. Liu^{1,2,3,}, S.M. Ma^{1,2}, S.Q. Liu^{1,2}, Y.H. Sun¹*

¹**Jilin University, Changchun, China**

²**Key Lab of Drilling and Exploitation Technology in Complex Conditions, Changchun, China**

³**State Key Laboratory of Superhard Materials, Jilin University, Changchun, China**

CALCULATION AND EXPERIMENTAL RESEARCH ON TENSILE STRENGTH OF ALUMINUM ALLOY DRILL PIPE

Abstract

Aluminum alloy drill pipes are widely used in deep and ultra-deep drilling work, due to their light weight, high strength, good corrosion resistance, low magnetism, etc. Owing to both ends of aluminum alloy drill pipes are assembled with steel tool joints by shrink fitting. It is significant to calculate and test the tensile strength of the full-size aluminum alloy drill pipe and the shear strength of the thread. In this paper, the theoretical calculation and experimental checking for $\Phi 147 \times 13$ mm 2024Al aluminum alloy drill pipe with internal upset ends had been done. The calculation results indicated that tensile

strength of aluminum alloy body can meet the drilling requirements of SK-2. The results of samples tensile test were all exceeding the international standard ISO 15546-2011. The full-size tensile test results showed that the fracture location was the thin wall thickness portion in the middle of aluminum alloy drill pipe and the connection of aluminum alloy drill pipes was reliable. The ultimate tensile strength of $\Phi 147 \times 13$ mm 2024Al aluminum alloy drill pipe was 2990KN.

Key words: aluminum alloy drill pipe; full-size; tensile strength; the reliability of the connection.

1 V. Makarov, 1 L. Ksendzenko, 2 A. Losev (B.B. Макаров, Л.С. Ксендзенко, А.С. Лосев)

¹FEFU, Vladivostok

²Institute of Applied Mathematics FEB RAS, Vladivostok

STATUS ANALYSIS AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF ZONAL FRACTURE (DISINTEGRATION) OF THE ROCK MASS AROUND UNDERGROUND WORKINGS (СОСТОЯНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗОНАЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ (ДЕЗИНТЕГРАЦИИ) МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ВОКРУГ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК)

Аннотация

В настоящей работе приводится обзор новых, наиболее значимых теоретических и экспериментальных результатов в области зонального разрушения (дезинтеграции) горных пород, в том числе основанных на использовании неевклидовой модели сплошной среды. Проводится сравнительный анализ аналитического и численного определения параметра периодичности модели зонального разрушения массива горных пород вокруг глубокой выработки круглого сечения. Данные натурных измерений сравниваются с результатами, полученными теоретически. Предлагается методика совместного использования рассмотренных подходов в зависимости от постановки задачи.

Исследования геомеханических явлений и процессов в массивах горных пород в условиях больших глубин приобретают все большую значимость в связи с ежегодным увеличением средней глубины разработки месторождений в мире. Одной из важнейших проблем геомеханики является зональный характер разрушения (дезинтеграции) горных пород вокруг глубоких подземных выработок. Для ее решения требуется разработка соответствующих моделей, адекватно описывающих это явление и позволяющих проводить прогнозные расчеты зональной структуры разрушения. Исследования механизма данного явления невозможно без проведения как натуральных, так и лабораторных экспериментов, а также их аналитического описания.

В работе [1] на основе неевклидовой модели сплошной среды разработана и исследована модель зонального разрушения массива горных пород вокруг глубоких цилиндрической и сферической выработок. Решена задача о распределении поля напряжений в цилиндрическом образце в предразрушающей стадии нагружения. Выявлен механизм эффекта смены знака приращения деформаций образцов горных пород при сжатии, а также периодический характер деформаций по высоте и периметру образца. Представленные результаты аналитических исследований закономерностей зонального разрушения горных пород вокруг выработок сопоставлены с данными натуральных экспериментов и показана их хорошая коррелированность.

В монографии [2] авторами проведен анализ существующих представлений о напряженно-деформированном состоянии горных пород вокруг подземных выработок и представлены результаты оригинальных авторских исследований и разработок, касающихся явления зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок, направленные на решение проблем повышения устойчивости подземных горных выработок в условиях больших глубин. Выделены факторы и параметры, влияющие на эффект зональной дезинтеграции. Исследование напряженно-деформированного состояния угольных, рудных и породных массивов вокруг одиночных выработок и их пересечений подкреплено новыми экспериментальными данными. Теоретическое истолкование обнаруженного авторами явления подкреплено результатами лабораторных и натуральных экспериментов с последующими рекомендациями по использованию в горном деле. В частности, сведения о геологическом строении Талнахско-

Октябрьского месторождения медно-никелевых руд подкреплены новыми экспериментальными результатами, полученными на Талнахских рудниках. Данные о шахтных исследованиях на Норильском горно-металлургическом комбинате по измерению напряжений и деформаций в удароопасных массивах горных пород, анализируются с позиции существа разрушения пород в окрестностях горных выработок и нацелены на обеспечение устойчивости обнажений горных пород и прогноз динамических явлений.

Результаты аналитических и экспериментальных исследований закономерностей деформирования и разрушения горных пород в условиях действия больших сжимающих напряжений приведены в [3]. Рассматриваются модели зонального разрушения вмещающего массива горных пород вокруг подземных выработок и осцилляционного, периодического типа деформирования образцов горных пород. Показана хорошая сходимость результатов экспериментальных и аналитических авторских исследований. Однако в данной постановке задачи и полученном решении, актуальным остается вопрос качественного и точного определения параметров рассматриваемой модели. А именно, особенно важным моментом является степень точности определение параметра периодичности \square , и его влияние на точность прогнозов, числа, положения и протяженности зон разрушения массива горных пород.

В ходе рассмотрения данного вопроса нами было разработано два независимых подхода определения параметра \square . Аналитический подход, на основе натуральных экспериментов для исследованных месторождений. Получена аналитическая зависимость между параметром \square и расстоянием от контура выработки до середины первой зоны разрушения в единицах радиуса выработки

$$\gamma(r^*/r_0) = -10(r^*/r_0) + 23,$$

где r^* – середина первой зоны разрушения, считая от контура выработки, r_0 – радиус выработки, м. [3]

Численный подход, основан на численном подборе параметра \square , при котором параметры функции дефектности принимают наибольшие отрицательные значения на контуре выработки, что характеризуется достижением функция дефектности на контуре выработки экстремального значения, и соответственно наличием зоны разрушения [3].

Каждый из предложенных подходов обладает своими достоинствами и недостатками, в частности, аналитический подход, определяет параметр \square с точностью до целых, не до конца апробирован на новых месторождениях, но является очень доступным и простым в вычислительном плане. Численный подход, является общим способом определения параметра \square , который позволяет вычислить искомый параметр с заданным уровнем точности, но требует весьма трудоемких вычислений.

В ходе расчета параметра периодичности для исследованных месторождений, по обеим методикам было получено, что расхождение в точности, в некоторых случаях доходит до 11,21% (табл. 1).

Таблица 1

Значение параметра \square для различных месторождений

Географическое расположение пород	r^*/r_0	\square	\square^*	Относительная погрешность (%)
Месторождения Норильска	2	3	3,336526	11,21
Месторождения Донбасса	1	13	13,050143	0,38
Приморский край, Шахта им. Артема (пос. Шкотово)	0,6	17	17,637309	3,75

Более детальное рассмотрение, для Норильского месторождения и угольной шахты Dingji (КНР) [4] показало, что в сравнении с натурными данными, чувствительность параметра \square определяется двумя знаками после запятой. После чего для обоих месторождений был проведен сравнительный анализ данных натурных наблюдений [4] и результатов теоретических численных расчетов. Расчет относительной погрешности для рассматриваемых месторождений, показывает, что увеличение числа знаков после запятой, положительно отражается на вычислении границ зон разрушения в общем случае. В частности для Норильского месторождения и угольной шахты Dingji (КНР), можно сказать, что для первой зоны увеличение числа знаков носит уточняющий характер, т.к. погрешность уменьшается не более чем на 1%, в то время как относительная погрешность

определения границ остальных зон разрушения сокращается более существенно: от 2 до 4%.

Работа выполнена при поддержке Гранта Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания No. 5.2535.2014К.

Литература

1. Гузев М.А., Макаров В.В. Деформирование и разрушение сильно сжатых горных пород вокруг выработок. Владивосток : Дальнаука, 2007. – 232 с.
2. Зональная дезинтеграция горных пород и устойчивость подземных выработок / [В.Н. Опарин и др.]; отв. Ред. М.А. Гузев; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т горного дела.-Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2008. – 278 с.
3. Ксендзенко Л.С., Макаров В.В., Опанасюк Н.А., Голосов А.М. Закономерности деформирования и разрушения сильно сжатых горных пород и массивов: монография / Инженерная школа ДВФУ. Владивосток: ДВФУ. – 2014. – 192 с.
4. Li S., Wang H., Qian Q., Fan Q., Yuan L., Xue J., Zhang Q. (2008). «In-situ monitoring of zonal disintegration of surrounding rock mass in deep mine roadways». *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 27(8), 1545–1553.

*A. Malkov, I. Grigoryeva, I. Vinichenko, A. Malikov, I. Grebeniyk
(А. А Малков, И. С. Григорьева, И. А. Виниченко, А. С. Маликов,
И. В. Гребенюк)*

FEFU, Vladivostok

PROSPECTS OF DIMETHYL ETHER PRODUCTION FROM RAW COAL (ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА ИЗ УГОЛЬНОГО СЫРЬЯ)

Актуальным направлением современных чистых угольных технологий (ССТ) является использование углей в качестве сырья для производства экологически чистых синтетических топлив. Одними из наиболее

перспективных видов синтетических жидких топлив из угля являются метанол и диметиловый эфир. Сырьем для производства диметилового эфира может служить уголь, что существенно позволяет экономить нефтяные ресурсы и повышать эффективность угольных предприятий. Диметиловый эфир имеет множество преимуществ, если сравнивать с другими видами топлива. В нём нет углеродных связей, связанный кислород содержится в количестве 33%, благодаря этому отсутствует задымлённость выпускными газами. Диметиловый эфир является перспективным вариантом в качестве моторного топлива и не представляет никакой опасности для окружающей среды. К благоприятным физико-химическим параметрам диметилового эфира относят повышенную испаряемость, что снижает требования к дисперсности распыления, позволяет понизить давление впрыска и обеспечивает хорошее смесеобразование. Предложены технические решения, обеспечивающие получение до 0,6 т. диметилэфира из 1 т угля, обеспечивая себестоимость получаемого продукта на уровне 55% ниже рыночной стоимости диметилэфира.

Abstract

The actual direction of the Clean Coal Technologies (CCT) – is the use of coal as raw material for the production of environmentally friendly synthetic fuels. One of the most promising types of synthetic liquid fuels from coal are methanol and dimethyl ether. Raw material for production of dimethyl ether can serve as coal, which significantly saves oil resources and increase the efficiency of coal enterprises. Dimethyl ether has many advantages when compared with other fuels. There are no carbon bonds, the bound oxygen contained in the amount of 33% with no smoke content exhaust gases. Dimethyl ether is the prospect choice as a motor fuel and poses no danger to the environment. To the favorable physico-chemical parameters dimethyl ether include increased evaporation, which reduces the requirements for dispersion spraying, allows to reduce the injection pressure and ensures good mixing. The proposed technical solution, providing the up to 0.6 tonn dimethyl ether from 1 ton of coal, providing the cost of the resulting product at 55% below market dimethyl ether's prices.

*Shao-Ming Ma 1,2, You-Hong Sun 1,2, Teng-fei Li 1, Bao-Yi Chen 1, 2 ,
Bao-Chang Liu 1,2 , Yin-Long Ma 1,2*

¹Jilin University, Chang Chun, China

² Key Lab of Drilling and Exploitation Technology in Complex Conditions,
Changchun, China

**EFFECTS OF ROLLING TEMPERATURE ON THE
MICROSTRUCTURES AND MECHANICAL PROPERTIES
OF 7075 ALUMINUM ALLOY**

Abstract

This study is carried out to clarify how microstructures and mechanical properties of 7075 aluminum (Al) alloy changed with rolling temperatures. Commercial as-cast 7075 Al alloy was rolled at 250 °C, 300 °C, 350 °C and 400 °C, respectively. The results showed that the rolling temperature significantly influenced the microstructures and mechanical properties of 7075 Al alloy. The grain size increased as the rolling temperature was raised from 250 °C to 350 °C. However, evident finer recrystallization structure was found by the optical microscope (OM) as the rolling temperature increased to 400 °C, which was the result of dynamic recrystallization during deformation. Meanwhile, the strength of 7075 Al alloy first decreased to 521 MPa when the rolling temperature was 350 °C and then increased to 570 MPa as the rolling temperature was raised to 400 °C. Rolling at 400 °C could refine grain structures and simultaneously improve the strength and ductility. The tensile fracture surface revealed a translation of brittle fracture to ductile fracture with the rolling temperature increasing to 400 °C.

Keywords: rolling temperature, microstructure, mechanical properties, dynamic recrystallization, precipitate phase

S. Mogilny 1, A. Sholomytskyi 2, E. Lagutina 2, E. Soboleva 2

(С.Г. Могильный 1, А.А. Шоломицкий 2, Е.К. Лагутина 2, Е.Л. Соболева 2)

¹**Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Dnepropetrovsk, Ukraine**

²**Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk**

**GEOTECHNICAL MONITORING OF AQUAPARK "KVARISIS"
IN NOVOSIBIRSK (ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
СООРУЖЕНИЙ АКВАПАРКА «КВАРСИС» Г. НОВОСИБИРСК)**

Аннотация

Рассмотрена методика высокоточных геодезических работ при геотехническом мониторинге состояния зданий и сооружений строящегося аквапарка «КВАРСИС» г.Новосибирск. Измерения выполнялись онлайн-новым измерительным комплексом "Визир 3D". Приведены данные предрасчета точности геодезических сетей и практического применения комплекса при выполнении сложных высокоточных измерений. Обозначены проблемы, которые требуют решения..

В последние годы в России активно ведется строительство уникальных объектов [1], таких как Олимпийские объекты в г. Сочи (ледовый дворец «Большой», керлинг-центр «Ледяной куб», крытый конькобежный центр «Адлер-арена», дворец зимнего спорта «Айсберг», ледовая арена «Шайба», олимпийский стадион «Фишт») [2], строительство и реконструкция стадионов в различных городах России (в рамках подготовки к чемпионату мира по футболу в 2018г).

В связи с увеличением количества аварий, обрушений зданий и сооружений с большепролетными конструкциями в России и других странах мира (купол «Трансвааль парка» в Москве в 2004 году, секции терминала в аэропорту (Париж 2005), кровля катков в Германии и Австрии, Басманного рынка в Москве в 2006 [3,4]), безопасность при строительстве и эксплуатации данных объектов является важнейшей задачей, которая решается с помощью геотехнического мониторинга.

Нормативно-техническая база по мониторингу, в основе которой лежит ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [5], содержит множество регламентов. В настоящее время, к сожалению, не существует единого норматив-

ного документа, регулирующего процесс геодезического мониторинга уникальных объектов.

Анализ публикаций по мониторингу технического состояния объектов показал, что в настоящее время используются различные технологии мониторинга деформационных процессов, в том числе и автоматизированные. Специфика строительства уникальных сооружений сопряжена с большими размерами, сложной и неповторимой геометрией объекта. Поэтому в каждом конкретном случае разрабатывается и применяется индивидуальная технология геодезического мониторинга.

В городе Новосибирске в настоящее время ведется строительство уникального объекта - самого большого за Уралом всесезонного крытого аквапарка, аналога которого нет в России.

С марта 2015 года сотрудниками СГУГиТ выполняется геотехнический мониторинг железобетонных колонн, плит оснований сооружений, деревоклееных балок перекрытия и измерение крена трубы газовой котельной с целью своевременного выявления дефектов и предотвращения аварийных ситуаций в период строительства аквапарка.

Мониторинг сооружений объекта аквапарк осложнялся тем, что в период строительства, монтаже внутреннего оборудования и отделке помещений невозможно было применить методы стационарного мониторинга сооружений.

В соответствии с проектом на площадке строительства были забиты около 5000 свай и залит монолитный железобетонный ростверк, разделенный на части деформационными швами под объекты аквапарка; собственно здание аквапарка с куполом, гостиница, вестибюль, паркинг и котельная. Проектировщиками были определены критические места зданий и сооружений аквапарка, которые располагались по контуру объектов и на границах их фундаментных плит.

Часть марок для мониторинга была заложена в подвальных помещениях, конструктивно это металлические стенные марки для выполнения по ним геометрического нивелирования. Часть марок по наружному контуру объектов была в виде отражательных пленок, наклеенных на несущих конструкциях аквапарка. Наблюдение за этими марками велось тригонометрическим нивелированием.

По требованию заказчика, с целью минимизации затрат, фундаментальные репера за пределами влияния строительных работ не закладыва-

лись. Техническим заданием был определен мониторинг относительных высотных осадок.

Для наблюдения за стенными марками в подвальных помещениях аквапарка предполагалась стандартная методика геометрического нивелирования II класса, с использованием цифрового нивелира и штрихкодовых реек. В условиях объекта такая методика позволяет определить отметки марок с точностью $\pm 0,5$ мм.

Для обоснования точности тригонометрического нивелирования была выполнена следующая работа по моделированию геодезических измерений и предрасчету точности тригонометрического нивелирования.

Исследования последних лет [6] показали, что с помощью тригонометрического нивелирования короткими плечами можно добиться точности измерений, соответствующих по точности геометрическому нивелированию II класса.

Для того чтобы оценить влияние геометрии сети в условиях строящегося объекта аквапарк было выполнено моделирование геодезической сети и измерений. Для оценить точность определения координат использовалась программа уравнивания маркшейдерских и геодезических сетей и обработки съемок «МГСети» [29], которая позволяет выполнить моделирование геодезических измерений и предрасчет точности геодезических сетей, с учетом геометрических условий возникающих в сети. Следует отметить, что форма сети крайне неблагоприятна для точного определения плановых координат.

На момент написания статьи было выполнено 12 циклов измерений. Условия измерений очень отличались, в зимние месяцы температура при измерениях опускалась до -18°C , а в летние до $+30^{\circ}\text{C}$ (рис. 1).

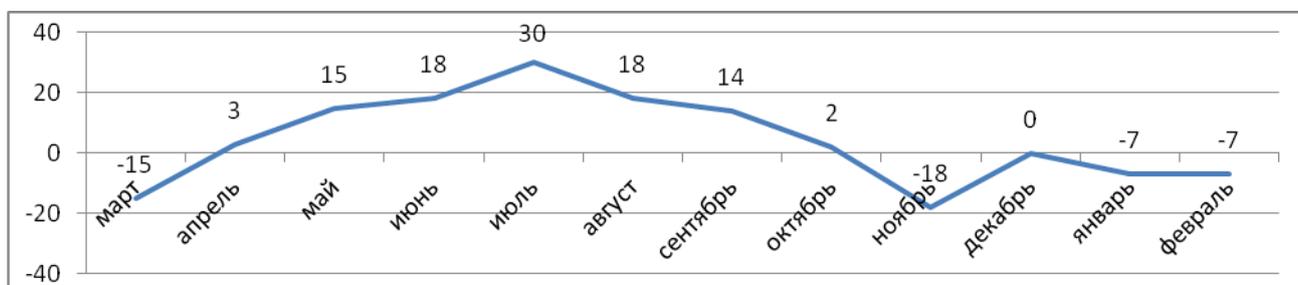


Рис. 1. Годовой график температур

Измерения в тригонометрическом нивелировании выполнялись онлайн-измерительным комплексом «Визир 3D» с электронным тахео-

метром Leica TM30 [30], 5 приемами, что позволило повысить точность определения отметок деформационных марок и значительно сократить время измерений.

Положение наблюдательных марок z1-z10, закрепленных на верхнем ярусе железобетонной кольцевой балки, стабильно и определяются температурными деформациями бетонных конструкций. По мере нагружения кольца проявились небольшие осадки в среднем около 2-3мм (рис.2), которые коррелируют с сезонными температурными изменениями.

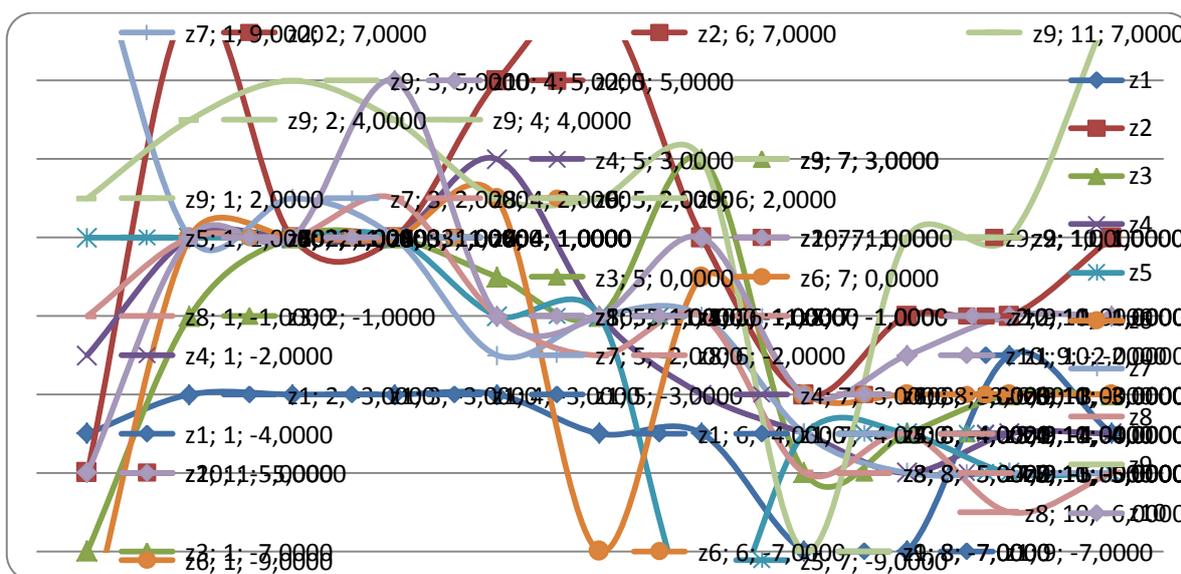


Рис. 2. Годовой график оседаний марок железобетонной кольцевой балки

Вестибюль и другие части аквапарка имеет закономерные оседания, связанные с возрастанием нагрузок до 10-12мм.

Верхний конец меридиональных деревоклеенных балок возле упорного кольца имеет от начала наблюдений (сентябрь 2015) опускание верхних точек балок в среднем 42мм (максимальные 60мм) и 23 для вспомогательных (максимальные оседания 37мм). Следует отметить, что вертикальные смещения балок стали меньшими по величине и более плавными в последних циклах измерений.

Наблюдение за опорными конструкциями труб котельной показали, что отклонения осей трубчатых опорных конструкций значительно меньше допустимых [8] значений, отклонения находятся в диапазоне от 20 до 40мм и определяются ветровой нагрузкой.

Литература

1. Шумейко В.И., Кудинов О.А.. Об особенностях проектирования уникальных, большепролетных и высотных зданий и сооружений. Инженерный вестник Дон. электронный научный журнал, №4, 2013г. <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2164> [текст, электронный ресурс]

2. Опыт использования автоматизированных систем мониторинга деформационного состояния несущих конструкций на олимпийских объектах Сочи-2014. Шахраманьян А.М., Колотовичев Ю.А. Вестник МГСУ. 2015. № 12. С. 92-105.

3. О проблемах безопасной эксплуатации большепролетных зданий и сооружений В.В. Гурьев, А.М. Стражников, Журнал «Промышленное и гражданское строительство» № 5, 2007 г.

4. Проект автоматизированной системы геодезического мониторинга стадиона. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А., Шморгунов Е.И. Научн.труды ДНТУ, Выпуск 12(173), Донецк, -2010, -С.3-13

5. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

6. Уставич Г.А., Никонов А.В., Бабасов С.А. Методика выполнения обратного тригонометрического нивелирования. Интерэкспо Гео-Сибирь Выпуск № 1, том 1, 2014 7. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А. Программный комплекс для подземных маркшейдерских сетей. Уголь Украины. –2011. –№5. –С.17-22

S. Mogilny 1, A. Sholomytskyi 2, V. Seredovich 2, A. Seredovich 2

(С.Г. Могильный 1, А.А. Шоломицкий 2, В.А. Середович 2, А.В. Середович 2)

¹**Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Dnepropetrovsk, Ukraine**

²**Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk**

**KINEMATIC LOCATION MEASUREMENT OF ROTARY FURNACES
(КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ЛОКАЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
ВРАЩАЮЩИХСЯ ПЕЧЕЙ)**

Аннотация

Описан новый способ определения геометрических и кинематических параметров вращающихся агрегатов в рабочем состоянии, основанный на дистанционных измерениях с помощью электронного тахеометра.

Приведено теоретическое обоснование способа и оценки точности. Приведен пример измерения вращающегося агрегата и показана оценка точности параметров.

В технологических линиях непрерывного производства часто используются крупногабаритные вращающиеся агрегаты барабанного типа, такие как: вращающиеся обжиговые печи, мельницы, барабанные сушилки и т.п. Некоторые из этих агрегатов достигают больших размеров, и представляют из себя сложную сборную конструкцию, которая в процессе эксплуатации подвержена значительным нагрузкам и деформациям под влиянием температурных и силовых воздействий.

Долговечность и надежность работы такого оборудования напрямую зависит от точности его монтажа и установки в проектное положение. Статистика эксплуатации свидетельствует, что более 30% аварий и внеплановых простоев связано с отклонениями от прямой линии оси вращения [1,2]. Правильная установка вращающихся объектов в проектное положение увеличивает длительность межремонтных циклов, уменьшает мощность привода для вращения печи. Поэтому повышение качества геодезического контроля вращающихся объектов непрерывного производства и сокращение сроков выполнения работ является важной и актуальной задачей маркшейдерской службы горно-обогатительных комбинатов.

Для выполнения работ по определению геометрических и кинематических параметров вращающихся объектов необходим способ, который сочетал бы высокую точность определения параметров и был полностью дистанционным.

Предлагаемый метод относится к области инженерной геодезии и с помощью электромагнитного излучения обеспечивает геодезический контроль геометрии промышленных установок и их узлов в процессе функционирования, т. е. без остановки производства.

В основу способа поставлена задача дистанционного локационного, т.е. без непосредственного контакта исполнителя с агрегатом в процессе его функционирования, измерения геометрических и кинематических параметров установки.

Поставленная задача решается за счет того, что при измерении безотражательным тахеометром пространственных координат точки на вра-

шающейся поверхности агрегата фиксируется время, т.е. момент измерения, что позволяет применить следующую методику обработки.

В общем случае вращающаяся поверхность в некоторый начальный момент времени t_0 описывается уравнением

$$U(\mathbf{r}, \bar{\theta}) = 0 \quad (1)$$

где $\mathbf{r} = |x \ y \ z|$ – вектор пространственных координаты точки на поверхности агрегата; $\bar{\theta}$ – вектор параметров вращающейся поверхности.

При локации поверхности лазерным лучом визирования регистрируются $\mathbf{r}_t = |x_t \ y_t \ z_t|$ – вектор координат точки пересечения луча визирования и вращающейся поверхности в некоторый момент t текущего времени.

Решая совместно системы уравнений, составленные для достаточного числа измеренных на вращающейся поверхности точек, вычисляются геометрические и кинематические параметры.

Указанные измерения и математический аппарат для их обработки являются необходимыми и достаточными для достижения технического результата – определения геометрических и кинематических параметров действующих агрегатов без остановки производственного процесса, при эксплуатационных нагрузках и без присутствия человека в опасных зонах.

На рис. 1 показана схема секции агрегата и расположение измерительного прибора при измерениях.

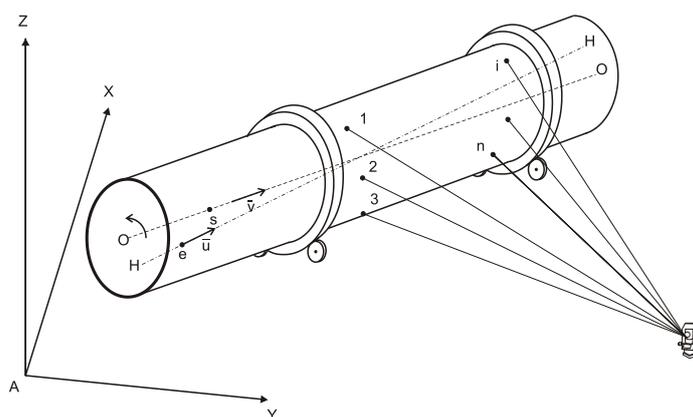


Рис. 1. Принцип кинематических измерений объекта

В процессе измерений на поверхности корпуса печи фиксируются координаты точек и момент их измерения. Безотражательный электронный тахеометр обеспечивает автоматическую фиксацию направления, расстояния до точки и момент измерения достаточно большого числа точек, что позволяет применить предлагаемую модель обработки результатов.

Для практической реализации предложенной технологии в геодезический измерительный комплекс «Визир 3D» были добавлен программный модуль «Печи» [3,4], который имеет программные и интерфейсные средства геодезических онлайн-измерений вращающихся печей.

Рассмотрим применение измерительного комплекса «Визир 3D» для диагностики технического состояния и вращающейся печи на одном из цементных заводов Западной Сибири. Для выполнения геодезических работ по определению геометрических и кинематических характеристик агрегата была создана высокоточная опорная геодезическая сеть.

Сеть создавалась как линейно-угловая по технологии свободной станции методом последовательного наращивания сети. Для построения сети потребовалась 20 станций. В результате была создана высокоточная геодезическая опорная сеть вращающегося агрегата со среднеквадратической ошибкой определения координат пунктов $m_{xyz}=1,2$ мм.

Схема кинематических локационных измерений выполнялись по предложенной авторами запатентованной методике [3] и представлена на рис.2.

В соответствии с принципом измерений (рис. 1) наблюдались сечения бандажа и обечайки. В каждом сечении для наблюдений выбирались три точки так, чтобы угол падения луча визирования на поверхность бандажа обеспечивал надежные безотражательные измерения дальности и угол между крайними лучами был максимальный (направления визирования тахеометра показаны на рис. 2). Интервал автоматического измерения дальности до точки визирования подбирался таким образом, чтобы за один оборот агрегата было измерено не менее 20–30 точек. Для печи длиной 180 метров общее число измерений составляло 6000 точек.

По этим измерениям, согласно уравнений (1), составленных для всех измеренных точек, вычислялись геометрические параметры цилиндрической поверхности, а так же кинематические параметры вращения печи.



Рис. 2. Измерение сечений обечайки в кинематическом режиме

Технология, кинематических локационных измерений и ее испытания на промышленных объектах Украины и России, позволяют сделать вывод о высокой точности определения геометрических и кинематических параметров вращающихся агрегатов. Сочетание высокой автоматизации процессов измерений, вычислений и представления результатов, а также полная дистанционность измерений позволяют этой методике оперативно и точно выполнять диагностику состояния агрегата и таким образом эффективно управлять процессом его эксплуатации.

Литература

1. Кузьо, И.В. Расчет и контроль установки агрегатов непрерывного производства // Кузьо И.В., Т.Г. Шевченко – Львов: Вища школа. – 1987. – 176с.
2. Руководство по выверке технологического оборудования металлургической промышленности. // Т.Г.Шевченко, С.Г.Хропот, В.П.Пивоваров, А.А.Игнатов, В.Ф.Меньшиков, Министерство металлургии СССР, 1991, –212с.
3. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А., Фролов И.С. Новая технология определения геометрических и кинематических параметров вращающихся печей в процессе их эксплуатации. / Современные достижения геодезической науки и производства. Сб.научн.трудов. – Львов: Издательство национального университета „Львовская политехника”. –2011. Вып. 1 (21) –С.125-130
4. Mogilny S.G., Sholomytskyi A. A., Seredovich V.A., Seredovich A.V., Ivanov A.V. The Analysis of Methods for Determining the Geometric Parameters of Rotating Machines / 2nd International workshop on “Integration of Point- and Area-wise Geodetic Monitoring for Structures and Natural Objects”, March 23-24, 2015, Stuttgart, Germany, –P.119–130

Dongbin Pan, Chen Chen

Jilin University, Chang Chun, China

**SCHEME DESIGN ON HIGH PRESSURE JET CUTTING
AND PIPE CONVEYING MINING OF MARINE GAS HYDRATE**

Abstract

At present, the methods of marine gas hydrates exploitation mainly include depressurization, thermal excitation and infusing chemical reagent, but they all have shortcomings. As a new method of mining, the solid exploitation has been paid attention to by scholars. The high pressure water jetting is a kind of solid mining method. Through the fluent numerical simulation, this article researching striking force simulation experiment under the condition of submerging, setting inlet pressure 20MPa to 120MPa and the target distance with 5mm. Study found that the target disk strike force with the nozzle inlet pressure increases linearly, and analysis of data obtained the conclusion: According to the threshold pressure of hydrate bearing sediments of the study area, when it is assumed that hydrate bearing sediments is coated sand and the nozzle inlet pressure exceeding 94MPa, water jet can carry on the effective cutting; When it is assumed that hydrate bearing sediments is bentonite and the nozzle inlet pressure exceeding 42MPa, water jet can carry on the effective cutting. At last, this paper finishes the marine natural gas hydrate scheme design by analyzing the characteristics of the subsea formations in the study area, designing NGH system structure with high pressure water jetting exploitation, selecting parameters, calculating parameters with the high pressure water jet cutting hydrate process parameters which is determined through the numerical simulation, selecting equipment and other steps. It's shown that the mining scheme is feasible through the system of natural gas production data.

Keywords: Marine gas hydrate; High pressure water jet; Numerical simulation;

К. Razmakhnin (К.К. Размахнин)

Transbaikal State University, Chita

**GEOECOLOGICAL ASPECTS OF PROCESSING OF ZEOLITE
CONTAINING ROCK (ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД)**

Аннотация

Дана оценка ресурсному потенциалу цеолитсодержащего сырья Восточного Забайкалья. Изучены перспективы развития добычи и переработки цеолитсодержащих пород в Приаргунском районе Забайкальского края. Рассмотрены геоэкологические аспекты добычи и переработки цеолитсодержащих пород Восточного Забайкалья. Изучены вопросы комплексности переработки цеолитсодержащих пород. Оценена доля влияния климата на устойчивость природных комплексов при техногенном воздействии. Определены основные направления по снижению негативного воздействия цеолитового производства на окружающую природную среду.

Россия обладает значительными запасами природных цеолитов (более 70 месторождений и рудопроявлений). Суммарные запасы и прогнозные ресурсы цеолитовых пород составляют около 25 млрд т., со средним содержанием в них цеолитов 25-35% [1].

Наиболее крупными месторождениями цеолитов в России являются: в Красноярском крае (Пашенское, Сахаптинское, Вознесенское), в Иркутской области (Бадарминское), Кемеровской области (Пегасское), в Забайкальском крае и в Бурятии (Шивыртуйское, Холинское, Бадинское, Талан-Гозагорское), в Приморском крае (Середочное, Чугуевское), на Сахалине (Лютюгское, Чеховское), в Республике Якутия (Хонгуруу, Сорос, Чучуба) [1].

Забайкальский край обладает наибольшими потенциальными возможностями для создания крупной сырьевой базы цеолитсодержащего сырья. В настоящее время можно говорить о наличии в этом регионе четырех крупных и двадцати средних объектах цеолитсодержащего сырья. Все они находятся в благоприятных географических условиях, вблизи транспортных путей и экономически освоенных районов. Наибольший промышленный интерес представляют: Шивыртуйское, Холинское, Бадинское и Талан-Гозагорское месторождения, суммарные запасы которых оцениваются приблизительно в 17 млрд тонн [2].

Месторождения природных цеолитов Забайкалья представлены, в большей степени, клиноптилолитом, морденитом и шабазитом, которые, исходя из своих свойств, могут найти широкое применение в различных отраслях. В настоящее время в Забайкальском крае разрабатывается только Холинское месторождение, цеолитсодержащие породы которого имеют достаточно высокую востребованность в медицине, сельском хозяйстве и сорбционных технологиях. Шивыртуйское месторождение находится в законсервированном состоянии, хотя в недавнем прошлом, продукция, изготовленная из шивыртуйских цеолитов, пользовалась высоким спросом у потребителя. Бадинское месторождение не разрабатывается по причине канцерогенности входящего в достаточно большом количестве в состав пород морденита. Талан-Гозагорское месторождение (проявление) представлено наиболее ценным видом цеолита – шабазитом, однако до промышленной разработки данного объекта дело так не дошло.

Большие надежды по развитию сырьевой базы цеолитов в Приаргунском районе Забайкальского края связаны в первую очередь с решением Правительственной комиссии при участии Фонда развития моногородов по удовлетворению заявки города Краснокаменска на статус территории опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР). В ближайшее время, в соответствии с разрабатываемой программой «Цеолиты Забайкалья», предполагается внести заявку по разработке Шивыртуйского и Талан-Гозагорского цеолитсодержащих месторождений в план развития моногорода, поддержка которой обеспечит регион качественным сырьем для производства целой линейки продукции, находящей применение в медицине, экологических и строительных технологиях, сельском хозяйстве и пр. На основе уже имеющегося производственного комплекса по переработке цеолитсодержащих пород (в настоящее время законсервирован) в г. Краснокаменск возможно создание полноценного комбината по переработке, обогащению и получению товарной продукции из цеолитов Шивыртуйского и Талан-Гозагорского месторождений.

Добыча и переработка цеолитсодержащих пород в районе г. Краснокаменск будет способствовать не только развитию промышленности, инфраструктуры и социальной сферы, но и окажет дополнительную нагрузку на экологию прилегающей территории. При этом будут иметь место геоэкологические последствия, к которым можно отнести нарушение функционирования экосистем, загрязнение атмосферы, почв, поверхностных и

подземных вод, нарушение ландшафта. Одними из основных отрицательных результатов деятельности промышленного предприятия, оказывающих наибольшее воздействие на природные комплексы и экосистемы территории, являются масштабные нарушения окружающей природной среды, которые, в основном, проявляются в отчуждении, частичном или полном уничтожении (вырубка, повреждение почвенного покрова и т.д.), нарушении условий существования фауны [3].

Известно, что основная доля негативного воздействия горных предприятий ограничивается в основном площадью непосредственного влияния, которое при проведении эффективных природоохранных мероприятий может быть минимизировано. Однако интенсивное воздействие промышленной зоны на прилегающую территорию требует не только внедрения природоохранных мероприятий, но и применения ресурсосберегающих технологий во всех циклах производства от добычи минерального сырья до получения готовой товарной продукции. Комплексное использование цеолитсодержащих пород предполагает применение направленных энергетических и физико-механических методов воздействия, зачастую химических методов переработки, например, для получения алюмосодержащих продуктов кислотным или щелочным способом, которые могут оказывать достаточно серьезное негативное воздействие на окружающую среду.

Важным вопросом является комплексность использования отходов, образуемых при переработке цеолитсодержащих пород. В настоящее время, с учетом географии, промышленного и инфраструктурного развития региона, отходы цеолитового производства могут быть использованы в строительных технологиях, при закладке выработанного пространства (шахт, карьеров), при отсыпке автодорог и пр. Такой системный подход к комплексному использованию минерального сырья позволит практически полностью отказаться от складирования отходов на специальных площадках, и, тем самым снизит нагрузку на основные компоненты окружающей среды, что является крайне важным в свете и без того высокого антропогенного воздействия на данный регион. Кроме того, упраздняя комплексным подходом к переработке цеолитсодержащих пород отвалы и хвостохранилища, которые нарушают экологическую обстановку региона, исчезает потребность и в принятии определенных мер и затрат для их захоронения или защиты от выветривания, окисления и т.п. Анализ современного состояния вопроса комплексного использования минерального сырья

показывает, что производственные процессы по его добыче и переработке, а также получение из него товарных продуктов, должны быть замкнуты в единых технологический цикл, что возможно только при условии, когда отходы одного производства становятся сырьем для другого. Таким образом, при построении технологических схем переработки цеолитсодержащих пород необходимо руководствоваться концепцией безотходного производства, предполагающей переход от процессов концентрирования к разделению цеолитсодержащего сырья на составляющие их структурные элементы. Такой подход должен осуществляться на всех стадиях отработки месторождений цеолитсодержащих пород с селективным выделением технологических типов и сортов пород, каждый из которых находит практическое применение. При этом некоторые типы и сорта цеолитовых пород могут быть использованы и без предварительного обогащения (если содержание цеолитов в них достигает 95-98%). Однако большая часть пород рассматриваемых месторождений представлена не богатым по содержанию ценного компонента (цеолита) сырьем, что требует разработки технологий его концентрации и очистки от вмещающих примесей. Разрабатываемые технологии должны обеспечивать эффективное обогащение цеолитсодержащих пород, быть ресурсосберегающими, а также гарантировать минимальный ущерб окружающей природной среде.

В целом, территория расположения Шивыртуйского и Талан-Гозагорского месторождений цеолитов является крупным промышленным узлом. При этом обеспечение условий экологического равновесия требует проведения глубокого системного анализа последствий хозяйственной деятельности промышленных объектов цеолитового производства на окружающую природную среду, прогноз ее изменения и разработку системы необходимых природоохранных мероприятий в соответствии с особенностями техногенного воздействия и реакцией природы. При разработке системы природоохранных мероприятий необходимо уделить особое внимание региональным критериям, учитывающим слабую устойчивость природных комплексов к антропогенным воздействиям и не допустить формирования неустойчивой экологической системы с нарушенными структурными и функциональными параметрами.

Необходимо отметить, что слабая устойчивость природных комплексов определена отчасти и достаточно суровыми климатическими условиями Приаргунского района. Климат данного района резко-

континентальный, среднегодовая температура воздуха $-2,2^{\circ}\text{C}$, среднегодовая скорость ветра составляет 1,3 м/с, лето засушливое, зимы малоснежные и морозные. Рельеф местности в планируемом районе расположения производства приближен к равнинному, что обеспечивает достаточно эффективное рассеивание промышленных выбросов, и отсутствие их повышенной концентрации в приземном слое в районе крупных населенных пунктов. Все эти факторы, включая резко-континентальный климат, длительный холодный период, глубокое сезонное промерзание почв и грунтов определили формирование в Приаргунском районе малоустойчивых природных систем, которые могут быть нарушены под воздействием человеческой деятельности, заметно ухудшив при этом состояние и качество природных комплексов.

Таким образом, оценка геоэкологических аспектов добычи и переработки цеолитсодержащих пород Восточного Забайкалья показала необходимость применения системного подхода к вопросам развития цеолитовой промышленности в данном регионе, который должен учитывать комплексность использования минерального сырья, экологичность применяемых технологий и ресурсосбережение при общей минимизации техногенной нагрузки на окружающую природную среду.

Литература

1. Юсупов, Т.С. Способы концентрирования и выделения цеолитов из горных пород // Методы диагностики и количественного определения содержания цеолитов в горных породах. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1985. – С. 161 – 168.

2. Павленко, Ю.В. Цеолитовые месторождения Восточного Забайкалья / Ю.В. Павленко // Чита. ЧитГУ. 2000. – 101 с.

3. Фалейчик Л.М. Геоинформационные модели в оценке ущерба природными системами в результате хозяйственной деятельности. Вестники ЗабГУ, № 08 (111) 2014

***E. Shamrai 1, A. Taskin 2, S. Ivannikov 1, A. Yudakov 1,2, O. Tsybulskaya 1,2
(Е.И. Шамрай 1, А.В. Таскин 2, С.И. Иванников 1, А.А. Юдаков 1,2,
О.Н. Цыбульская 1,2)***

¹Institute of Chemistry FEB RAS, Vladivostok

²FEFU, Vladivostok

**HYDROMETALLURGICAL PROCESSING SLUDGE AND SILT
OF TECHNOGENIC DEPOSITS OF THE FAR EAST REGION
(ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ШЛАМОВ
И ИЛОВ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА)**

Аннотация

В работе приведены результаты исследования техногенных отходов золотороссыпных месторождений р. Нестеровка (Октябрьский район) и р. Кедровка (Красноармейский район) Приморского края и техногенных россыпей месторождения «Нагима» (Амурская область). Показана возможность концентрирования золота в концентрате тяжелых минералов немагнитной фракции, который может служить исходным сырьем для последующего гидрометаллургического извлечения золота. Исследованы возможности извлечение тонкого и сверхтонкого золота из шламов и илов техногенных месторождений с помощью методов гидрометаллургии, в частности аммиачно-тиосульфатного и тиокарбамидного выщелачивания. Показаны преимущества и ограничения каждого из методов. Показана возможность эффективно осаждения золота из растворов выщелачивания.

В связи с сокращением количества богатых россыпных месторождений, как в России, так и за рубежом, неуклонно растёт интерес к отвалам старых месторождений, в которых благодаря несовершенству используемых ранее методов золотодобычи осталось золото. По имеющимся в литературе данным остаточное содержание золота в отработанном материале старых месторождений составляет от 10 до 50%, в зависимости от типа месторождения и применяемых методик извлечения золота [1]. Большая часть золота в таких объектах представлена тонкой и сверхтонкой фракциями с размерами частиц менее десятков микрон, плотно ассоциированными с минеральными компонентами различной природы [2, 3]. Поскольку именно несовершенство использованных ранее технологий извлечения золота привело к появлению таких своеобразных месторождений, их эффективное освоение невозможно без применения современных методов как для оценки запасов, так для извлечения золота.

В данной работе представлены результаты исследования содержания золота в ряде техногенных месторождений золота Дальнего Востока РФ. На примере наиболее перспективных для переработки объектов опробованы методы извлечения золота с использованием методов гидрометаллургии, в частности аммиачно-тиосульфатного и тиокарбамидного выщелачивания.

Исследования проводились с пробами минерального сырья, отобранными из техногенных отходов золотороссыпных месторождений р. Нестеровка (Октябрьский район) и р. Кедровка (Красноармейский район) Приморского края и техногенных россыпей месторождения «Нагима» расположенного в Амурской области.

Россыпное золото в долине реки Нестеровка добывалось в течение длительного времени на обогатительном оборудовании, позволяющем извлекать из песков лишь крупные классы золота, а металл крупностью от 0,3 мм и менее уходил в илоотстойники и хвостохранилища, формируя техногенные россыпи. В настоящее время объём техногенных отходов на месторождении оценивается в сотни тысяч кубических метров рыхлых отложений горных пород, а запасы шлихового золота в химической чистоте достигают десятков килограмм.

Проведенный ситовой анализ золота исследуемых образцов показал, что в пробах преобладает пылевидное золото – порядка 80%, встречаются отдельные золотины размером от 0,2 до 0,3 мм – порядка 3 %, золото размером от 0,1 до 0,2 мм – порядка 5%, около 15% приходится на нанозолото находящееся в связанном состоянии с сульфидными минералами. В магнитной и электромагнитной фракциях исследуемых песков золото отсутствует.

Месторождение «Нагима» отрабатывается гидромеханизированным способом, впервые внедренным в Амурской области для добычи глубокозалегающих россыпей по достаточно сложной, для россыпного месторождения, технологии.

Амурским научным центром ДВО РАН в 2012 году были выполнены лабораторно-аналитических исследования техногенных образований месторождения «Нагима». Был произведен отбор 8 проб из эфельных отвалов промытых песков, отобрано 4 пробы из илоотстойников и 2 пробы были отобраны из вторично переработанных хвостов шлихообогатительной установки (ШОУ). По данным пробирного анализа содержание золота

в эфельных отвалах промывных песков составило 0,15 – 0,82 г/т, запасы первично переработанных песков составляют более миллиона т; в илоотстойниках 0,19 – 0,33 г/т, запасы илов составляют более 100 тысяч т; и в хвостах ШОУ 5,02 – 15,11 г/т, запасы золота в хвостах ШОУ 300 т.

Проведённые пробирно-аналитической лаборатории АмурНЦ ДВО РАН исследования показали, что золото в техногенном месторождении «Нагима» представлено преимущественно тонкой фракцией, а значительная часть золота в глинистой фракции присутствует не только в дисперсном виде, но и в форме наночастиц.

Во всех исследованных объектах золото в силу особенностей золотодобычи, предшествовавшей формированию техногенных месторождений, представлено в основном тонкими классами крупности. Эффективное извлечение золота из таких объектов чисто гравитационными методами невозможно в силу физических ограничений метода, поэтому для более полного извлечения золота из концентрата, получаемого гравитационными методами, следует применять методы гидрометаллургии.

Для переработки отобранных золотосодержащих песков использовался концентрационный стол RP-4 (ST-1), на котором было получено четыре вида промпродукта: 1. легкая фракция – песок; 2. магнитная фракция – магнитит, титаномагнитит, ильминит; 3. тяжелая немагнитная фракция – сульфиды, галинит; 4. шлиховое золото. Проведённые с помощью нейтронно-активационного анализа исследования показали концентрирование золота концентрат тяжелых минералов немагнитной фракции, который может служить исходным сырьем для гидрометаллургического извлечения золота.

Современными альтернативами цианидному выщелачиванию является аммиачно-тиосульфатное и тиокарбамидное выщелачивание [4]. Тиосульфаты щелочных металлов биоразлагаемы и практически безопасны, что позволяет применять их в геотехнологиях подземного и кучного выщелачивания, они дешевле цианидов, более эффективны в случае упорных углеродистых и медь-содержащих руд [4]. Вместе с тем, оптимизация условий тиосульфатного выщелачивания по сравнению с цианидным выщелачиванием является значительно более сложной задачей [5].

С помощью модельных систем была проведена оптимизация условий аммиачно-тиосульфатного выщелачивания и подобран состав раствора (0.1 М $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 0.2 М NH_4 , 0.015 М CuSO_4), позволивший извлекать до 90%

золота в раствор менее чем 30 минут контакта с пробой при соотношении Т:Ж равном 1:1 и объеме промывных вод в 2 раза превышающем объем раствора выщелачивания. При использовании раствора такого же состава, выщелачивание золота из техногенных объектов месторождения «Нагима» (отходы ЩОУ), происходит со сравнимой эффективностью, но за более продолжительное время. Различие в скорости выщелачивания золота связано с более крупными размерами частиц золота в техногенных объектах (от 5 мкм и выше), по сравнению с модельной пробой (порядка 50 нм).

Для концентрирования золота из растворов выщелачивания (рН 9-10.5) были использованы анионообменные материалы на основе хитозана (нативный хитозан, пиридилэтилхитозан, кватернизованный пиридилэтилхитозан) и анионообменная смола АВ-17. Без регулировки рН при Т:Ж 1:100 наиболее высокие степени извлечения (до 95%) были достигнуты при использовании анионообменной смолы АВ-17.

Однако метод аммиачно-тиосульфатного выщелачивания показал низкую эффективность при извлечении золота из проб содержащих макроколичества оксидов титана и железа, что связано со снижением стабильности аммиачно-тиосульфатной системы в присутствии оксидов переходных металлов, катализирующих окислительную деструкцию тиосульфатов и образование тетратионатов [8].

Для преодоления ограничений аммиачно-тиосульфатного метода и эффективного извлечения золота из всего спектра имеющихся техногенных проб использовались кислые растворы тиомочевины (тиокарбамида). Исследования, проведенные как в России, так и за рубежом, показали следующие преимущества тиокарбамидного растворения по сравнению с цианированием: более высокая (~ в 10 раз) скорость процесса, меньшая зависимость эффективности от присутствия ионов-примесей, меньший удельный расход и коррозионная активность реагентов. Вместе с тем, имеются и отрицательные моменты применения данного метода: тиомочевина дороже цианида натрия на 25%, разлагается в окислительных условиях, затруднено извлечение золота из тиомочевинных растворов активированным углем.

В лабораторных условиях были определены оптимальные условия тиокарбамидного выщелачивания (0.66М тиокарбамида, 0.07М Fe³⁺; 0.5М CNS⁻), позволившая извлекать до 90% золота в раствор менее чем 5 минут контакта с пробой при соотношении Т:Ж равном 1:3. В качестве окисли-

теля использовали раствор хлорного железа или пероксодисульфат аммония с концентрацией 2 г/л и 20 г/л соответственно.

Для извлечения золота из растворов тиокарбамидного выщелачивания использовали электролитическое осаждение на титановых электродах, позволяющее осаждать до 98% золота из растворов тиокарбамидного выщелачивания.

Литература

1. Кавчик Б.К. Геологическое строение техногенных россыпей и его влияние на выбор способа обработки / Б.К. Кавчик, В.Г. Пятаков // ОАО Иргиредмет.: Золотодобыча. – 2010. – №135.

2. Ван-Ван-Е А.П. Состояние и развитие ресурсного потенциала золотодобывающей отрасли ДВО / А.П. Ван-Ван-Е, В.С. Литвинцев, Г.В. Секисов // Горный информационно – аналитический бюллетень «Дальний Восток-2», – 2009. – с. 32–36.

3. Медков М.А. Переработка техногенного золотосодержащего сырья / М.А. Медков, Г.Ф. Крысенко, Д.Г. Эпов, А.А. Юдаков // Ж. «Вестник ДВО РАН». – 2010. – №5. – с. 75–79.

4. Grosse A.C. Leaching and recovery of gold using ammoniacal thiosulfate leach liquors / A.C. Grosse, G.W. Dicoski, M.J. Shaw, P.R. Haddad // Hydrometallurgy, 2003 – V.69. – p.1–21.

5. Vinh H.H. Thiosulfate leaching of gold from waste mobile phones / H.H. Vinh, J.C. Lee, J. Jeong, T.H. Huynh, M.K. Jha // Journal of Hazardous Materials, 2010. – V.178. – p.1115–1119.

6. Schoonen Xu Y. M.A.A. The stability of thiosulfate in the presence of pyrite in low-temperature aqueous solutions / Xu Y. Schoonen // Geochim, Cosmochim. Acta, 1995. – V.59(220). – p.4605–4622.

Отбор и обработка проб проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, соглашение № 14.578.21.0015 от 05.06.2014 г. уникальный идентификационный номер соглашения RFMEFI57814X0015.

Анализ проб проводился при частичной финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Федеральное агентство научных организаций, проект № 0265-2014-0002).

Shuyuan Liu, Chen Chen

Jilin University, Chang Chun, China

**DEVELOPMENT OF INTERIOR WALL
PAINT WITH AIR PURIFICATION**

Abstract

In this paper, diatomite is used as the functional filler and nano carrier, add a small amount of nano TiO₂ photocatalytic materials, with heavy calcium as filler, with rutile type white powder as pigment, selecting suitable additives, through the design of formula , developing a series of diatomite emulsion paint. The influence of the ratio of pigment to base and the amount of nano particles on the microcosmic structure of coatings was studied by scanning electron microscope (SEM). At the same time, according to GB/T9756-2009 «Synthetic resin emulsion interior wall paint» standard technical indicators of status in container of paint, construction property, low temperature stability, appearance of the coating, drying time, and scrub resistance and alkali resistance of the seven basic properties were tested. According to the JC/1074-2008 «Indoor air purification function coating material purification performance» the relevant technical requirements, the study tested the effect of the content of nano TiO₂ in the coating on formaldehyde purification efficiency. Experimental study that the best formulation of the diatomite inner wall emulsion paint: diatomite dosage 10% , nano TiO₂ content of 0.7%.

Key words: Diatomite; Nanometer TiO₂; Shell powder; Air purification; Emulsion paint.

M. Silivanova (M. B. Силиванова)

Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok

**PROSPECTS FOR THE USE OF MICRO-HYDROPOWER PLANTS IN
THE MINING INDUSTRY OF THE FAR EAST (ПЕРСПЕКТИВЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРО-ГЭС В ГОРНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА)**

*Yu. Subbotin, P. Avdeev, Yu. Oveshnikov (Ю.В. Субботин,
П.Б. Авдеев, Ю.М. Оवेशников)*

Transbaikal State University, Chita

**WAYS TO INCREASE THE USE OF SOLAR POWER
IN THE PROCESSES OF FROZEN ROCK PREPARATION FOR
EXCAVATION (ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ПРОЦЕССАХ ПОДГОТОВКИ
МЕРЗЛЫХ ПОРОД К ВЫЕМКЕ)**

Аннотация

Приведены результаты исследований и анализ естественного солнечно-радиационного оттаивания мерзлых пород с использованием тепловых ванн на базе создания соляного солнечного бассейна при разработке мерзлых россыпных месторождений золота в Забайкальском крае. Представлена модель соляного солнечного бассейна с зачерненным дном. Определена скорость оттаивания мерзлых горных пород. Результаты проведенных опытов подтверждают возможность и высокую эффективность применения соляного солнечного бассейна как аккумулятора тепловой солнечной энергии, которая может быть использована для оттаивания мерзлых горных пород.

Низкая среднегодовая температура атмосферного воздуха в Забайкальском крае, незначительный снежный покров, наличие инверсии способствуют глубокому сезонному промерзанию горного массива. За продолжительный период с отрицательными среднесуточными температурами атмосферного воздуха золотоносные пески и рыхлые отложения вскрыши, включающие гальку, гравий, песок, глину и дресву, в северо-восточных районах Забайкалья промерзают на глубину до 4-5 м и приоб-

ретают высокую прочность. При этом энергозатраты, необходимые для разрушения мерзлых горных пород, повышаются в 10...15 раз [3, 4].

Чтобы обеспечить фазовый переход пород из мерзлого – в талое состояние, на дражных и гидромеханизированных разработках россыпей ежегодно подготавливаются к выемке десятки миллионов кубометров горной массы. При этом используется естественный источник тепла – солнечная радиация, т.к. более 60 % территории России, включая районы Забайкальского края, характеризуются существенным среднегодовым поступлением солнечной энергии от 3,5 до 4,5 кВт·ч/м² в день. Вместе с тем естественное оттаивание мерзлых пород не позволяет подготовить их для отработки в сжатые сроки из-за низкого коэффициента использования солнечной энергии.

Одним из путей повышения эффективности солнечно-радиационной оттайки является применение тепловых ванн. Однако из-за значительных потерь тепловой энергии в результате слоевой диффузии, увеличивающей процессы испарения воды с поверхности водоема, идеи тепловых ванн не нашли широкого практического применения.

В соляном солнечном бассейне эти недостатки тепловых ванн сведены до минимума, что позволяет повысить коэффициент полезного действия солнечной энергии до 0,70-0,75 [3, 4, 5].

Примером естественного соляного бассейна может служить озеро Ванда (Антарктида). Озеро прогревается за счет лучистой энергии Солнца до самого дна на глубину 70 м через прозрачный лед толщиной 4 м. Температура воды у дна поднимается до 27 °С, что на 47 °С больше среднегодовой температуры атмосферного воздуха. Коротковолновая солнечная радиация проникает через прозрачный лед и воду и нагревает дно. Вода не перемешивается под влиянием тепловой конвекции, т.к. у дна она очень соленая и оказывается тяжелее вышележащей холодной, но пресной воды [2].

Искусственно созданный соляной солнечный бассейн – это водоем глубиной 1...2 м с концентрированным рассолом в придонном слое (рис. 1). Принцип его работы заключается в аккумуляции тепловой солнечной энергии слоями водных растворов солей NaCl, CaCl₂ и MgCl₂·6H₂O.

Для создания соляного солнечного бассейна сооружают водоподпорную плотину, а мерзлые породы, предварительно покрытые слоем черной полиэтиленовой пленки, заливают слоями водных растворов соли

(более двух слоев) со ступенчатым понижением её концентрации от нижних слоёв к верхним [3, 5].

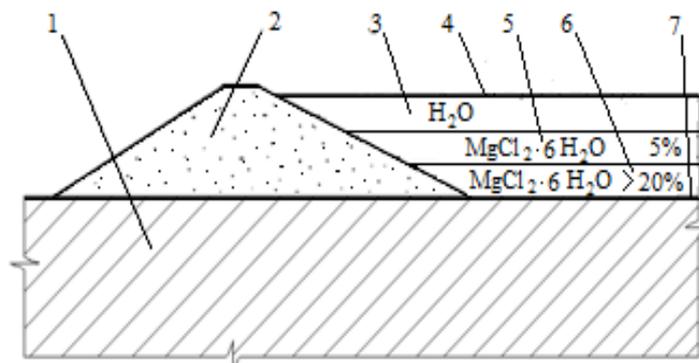


Рис. 1. Схема соляного солнечного бассейна:

1 – мерзлые горные породы; 2 – водоподпорная плотина; 3 – слой пресной воды; 4 – тонкий слой технического масла; 5 – изолирующий (градиентный) слой с увеличивающейся книзу концентрацией водного раствора технической соли магния (бишофит); 6 – слой горячего рассола с максимальной концентрацией; 7 – зачерненное дно водоема

В нижней – придонной части бассейна размещают слой рассола с максимальной концентрацией реагента в воде. Вышерасположенный изолирующий слой, который может быть представлен несколькими прослойками, заполняют водным раствором с повышающейся к низу концентрацией. Верхний слой соляного солнечного бассейна заполняется пресной водой с нулевой концентрацией реагента. Для снижения испарения воды на поверхность водоема наносится тонкий молекулярный слой технического масла.

Снижение энергоемких затрат тепла на конвективный перенос и испарение дает возможность повысить температуру придонного слоя под действием солнечной радиации до 60-70 °С и передать накопленное тепло путем теплопроводности мерзлomu массиву горных пород, и тем самым увеличить скорость оттаивания в 1,5...2 раза [1, 2].

На кафедре открытых горных работ Забайкальского государственного университета для изучения и исследования теплового режима оттайки создана модель соляного солнечного бассейна с зачерненным дном (рис. 2) [3, 4].

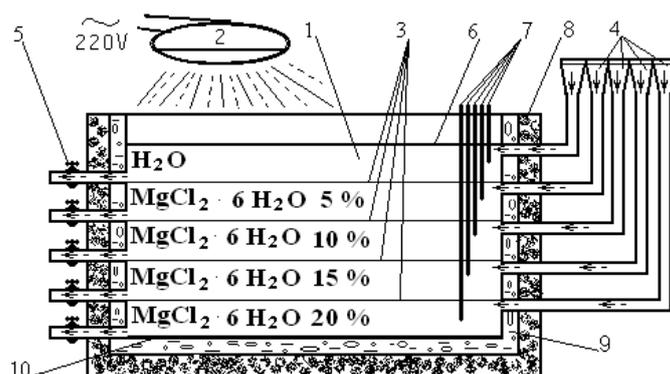


Рис. 2. Модель соляного солнечного бассейна:

1 – слой воды; 2 – светильник; 3 – перфорированные тонкие пластины оргстекла; 4 – воронки для подачи водных растворов технической соли магния $6\text{H}_2\text{O}\cdot\text{MgCl}_2$ с различной концентрацией; 5 – вентиль; 6 – пленка технического масла; 7 – термометры; 8 – теплоизолятор (пенопласт толщиной 0,08 м); 9 – емкость ССБ; 10 – зачерненное дно

Модель соляного солнечного бассейна представляет собой емкость, выполненную из органического стекла высотой 0,3 м, длиной 0,5 м, шириной 0,3 м, заполненную пятью слоями водного раствора технической соли магния $6\text{H}_2\text{O}\cdot\text{MgCl}_2$ различной концентрации, одинаковой толщины равной 0,05 м.

Придонный слой соляного солнечного бассейна заполнен раствором технической соли магния $6\text{H}_2\text{O}\cdot\text{MgCl}_2$ 20 % концентрации. В вышерасположенных слоях концентрация раствора изменяется ступенчато с шагом 5 %. Слои водных растворов технической соли магния $6\text{H}_2\text{O}\cdot\text{MgCl}_2$ разделены тонким перфорированным оргстеклом. Верхний слой модели заполнен чистой пресной водой.

В опытах использовались светильники с люминесцентной энерго-сберегающей лампой типа ЭСЛ-250, лампой накаливания мощностью 250 Вт, и ксеноновой короткодуговой лампой типа ДКсТВ-6000, спектр излучения которой близок к спектру излучения Солнца.

В процессе опытов температура воды и раствора в каждом слое измерялась ртутными термометрами. Самую высокую температуру в процессе опытов приобретает нижний придонный слой раствора. Например, после включения ксеноновой короткодуговой лампы ДКсТВ-6000 температура придонного слоя водного раствора технической соли магния $6\text{H}_2\text{O}\cdot\text{MgCl}_2$ через 12 часов нагревания повысилась на 38...40 °С [3, 5] (рис.3).

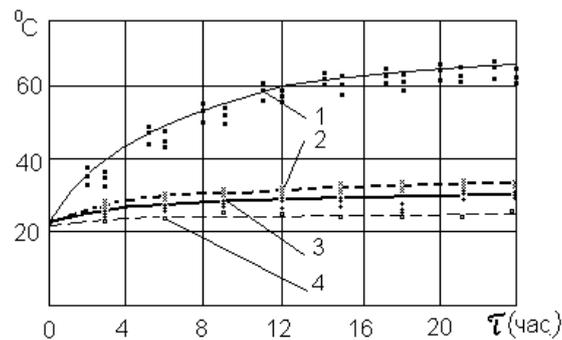


Рис. 3. Изменение температуры придонного слоя соляного солнечного бассейна:

1, 2, 3 – температура придонного слоя при использовании для нагрева соляного солнечного бассейна соответственно ксеноновой короткодуговой лампы ДКСТВ-6000; лампой накаливания мощностью 250 Вт; люминесцентной энергосберегающей лампой ЭСЛ-250; 4 – температура атмосферного воздуха

Абсолютное значение температуры в придонном слое соляного солнечного бассейна превысило 60 °С.

Достоверность экспериментальных исследований подтверждена признанием приоритета работ патентами Российской Федерации №2276236, МПК E 02 F 5/30 и №2315155, МПК E 02 F 5/30.

На основании проведенных опытов выявлена целесообразность применения соляных солнечных бассейнов для оттаивания мерзлых дражных полигонов, а также использование соляных солнечных нагревателей, установленных в оросительных и питающей канавах при фильтрационно-дренажном оттаивании мерзлых пород.

Литература

1. Елисеев В.Н. К определению коэффициента полезного действия соляного солнечного бассейна / В.Н.Елисеев, Ю.У.Усманов, Г.Я.Умаров // Гелиотехника, 1973, № 1. – С. 44-46.

2. Осадчий Г.Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ) / Г.Б. Осадчий. Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2010. 572 с.

3. Рашкин А.В. Тепловая и водная подготовка горных пород при разработке мерзлых россыпей / А.В.Рашкин, П.Б.Авдеев, Ю.В.Субботин. – М.: Горная книга, 2004. - 353 с.

4. Субботин Ю.В. Новые технологии и способы оттаивания сезонных и многолетнемерзлых пород. / Ю.В. Субботин, Ю.М. Овешников // Горный журнал. – 2011. – №4. – С. 85-89.

5. Субботин Ю.В. Повышение эффективности дражной разработки россыпи «Средняя Борзя» путем применения нового способа оттайки

горных пород. / Ю.В. Субботин, Ю.М. Овешников, С.В. Корешков // ГИ-АБ. – МГГУ. – 2012. № 5. – С.67-74.

Сведения об авторах

1. Субботин Юрий Викторович, доктор технических наук, доцент, Забайкальский государственный университет, профессор кафедры открытых горных работ, тел. 35-29-27.

2. Авдеев Павел Борисович, доктор технических наук, профессор, Забайкальский государственный университет, декан горного факультета, тел. 8-914-471-00-75.

3. Овешников Юрий Михайлович, доктор технических наук, профессор, Забайкальский государственный университет, заведующий кафедрой открытых горных работ, тел. 35-87-45.

Shuyuan Liu, Chen Chen

Jilin University, ChangChun, China

**DEVELOPMENT OF INTERIOR WALL PAINT
WITH AIR PURIFICATION**

Abstract

In this paper, diatomite is used as the functional filler and nano carrier, add a small amount of nano TiO₂ photocatalytic materials, with heavy calcium as filler, with rutile type white powder as pigment, selecting suitable additives, through the design of formula , developing a series of diatomite emulsion paint. The influence of the ratio of pigment to base and the amount of nano particles on the microcosmic structure of coatings was studied by scanning electron microscope (SEM). At the same time, according to GB/T9756-2009 «Synthetic resin emulsion interior wall paint» standard technical indicators of status in container of paint, construction property, low temperature stability, appearance of the coating, drying time, and scrub resistance and alkali resistance of the seven basic properties were tested. According to the JC/1074-2008 «Indoor air purification function coating material purification performance» the relevant technical requirements, the study tested the effect of the content of nano TiO₂ in the coating on formaldehyde purification efficiency. Experimental study that the best formulation of the diatomite inner wall emulsion paint: diatomite dosage 10% , nano TiO₂ content of 0.7%.

Key words: Diatomite; Nanometer TiO₂; Shell powder; Air purification; Emulsion paint.

Yang L., Chen C., Gao S., Chen Y., Li X.T., Pan D.B.

Jilin University, Chang Chun, China

**SIMULATION STUDY OF NATURAL GAS HYDRATE
DISSOCIATION BY FRACTURING AND DEPRESSURIZATION**

Abstract

Natural gas hydrate (NGH) reservoirs mainly are sandstone, mudstone and oil shale in permafrost, and sandstone, oil shale reservoirs have compact structure, low porosity and permeability. Not only hindered the external heat source to transfer to the inside of the hydrate layer, also inhibited the decomposed gas output. The NGH dissociation efficiency by thermal stimulation and depressurization have been decreased. In this paper, established a physical model of fractured gas hydrate reservoir, simulation of the fractured NGH dissociation by depressurization. Compare some key parameters in NGH dissociation such as dissociation radius, gas rate and total gas production by depressurization and fracturing-depressurization. Analysis of the stimulation result to NGH dissociation by fracturing-depressurization. The results show that NGH dissociation by fracturing-depressurization has certain advantages and it is possible to increase gas production under certain reservoir conditions.

Keywords: Natural Gas hydrate, Fracturing technology, Fracturing fracture, Depressurization

D.J.Zhao 1,2, ,S.L.Zhang 1,2,M.Y.Wang 1,2,Y.Zhou 1,2,X.J.Sun 1,2,
Z.H.Sun 1,2,S.Y.Yin 1,2,G.B.Zai 1,2*

¹**Jilin University, Changchun, China**

²**Key Lab of Drilling and Exploitation Technology in Complex Conditions,
Changchun, China**

STUDY ON THE MECHANISM OF BROKEN ROCK WITH ULTRASONIC VIBRATION

Abstract

Hard rock formation has been a difficult problem in the field of geological drilling and tunneling. The successful application of ultrasonic technology in the field of mechanical processing and space exploration provides a new method for hard rock drilling. The resonance frequency of hard rock is generally 20-38KHZ. When the ultrasonic generator provides a high frequency excitation which is the same as the rock natural frequency on the rock, it will make the rock resonance, and quickly cause internal damage ,reduce the strength. Finally the rock becomes easy to drill. In the world, few scholars have carried out the research on the mechanism of broken rock with ultrasonic vibration. The research group studying the mechanism of broken rock with ultrasonic vibration in Jilin University, China, used theoretical analysis, numerical simulation, laboratory test and other means to carry out relevant theoretical research about broken rock with ultrasonic vibration, and has achieved initial results.

In this paper, the mechanism of broken rock with ultrasonic vibration has been expounded from the point of view of energy. Combining with the results of finite element software ANSYS/WORKBENCH numerical simulation and experimental show that when excitation frequency of rock is the same as the natural frequency, it is most likely to be damaged. Electronic CT scanner (CT), Nuclear magnetic resonance analyzer, Scanning electron microscopy (SEM) and other equipment was used to detect the internal structure of the samples before and after vibration, it is concluded that there exists threshold value of preloading in the presence of ultrasonic rock breaking rock and also exist an optimal preload value. The results obtained by the research group provide a theoretical support for the use of ultrasonic vibration technology for breaking hard rock.

Keyword: Ultrasonic vibration, Rock fragmentation, Resonance broken rock theory

*Yanjun Zhang¹, Liangliang Guo¹, Jianing Zhang¹, Ziwang Yu¹,
Xianpeng Jin², Tianfu Xu¹*

¹**Jilin University, Changchun, China**

²**Downhole Operation Company of Daqing Oilfield, Daqing, China**

**EVALUATION OF WATER-HEAT PRODUCTION
IN AN EGS PILOT IN NORTHEASTERN CHINA**

Abstract

Located at the junction of three tectonic plates with vast territory, China possesses abundant deep geothermal energy storage. According to the research of institute of geology and geophysics, Chinese academy of sciences, the Songliao Basin is characterized by a high regional heat flow of 50-90mW/m² and a high geothermal gradient of 3.9~6.5°C/100 m. The pilot area Xujiaweizi (XJWZ), located in the north of Songliao Basin, has a high average geothermal gradient of 40-60°C/km and possesses several features indicating potential for EGS development. Moreover, in 2012, the National High-Technology Research and Development Program (863 program) started the “HDR thermal energy development and comprehensive utilization of key technology research” project and the XJWZ area was selected to evaluate the feasibility of EGS development in the Songliao Basin.

We investigate the potential of EGS project in XJWZ by geology, geophysics and geochemistry. Geophysical exploration has discovered the crust of the XJWZ is very thin, only 29km; the presence of a high conductivity layer, thickness of 2-5km, with low resistivity and low density indicates there exists a magma chamber reservoirs which may be the heat source for the thermal anomaly; the widespread distribution of Yingcheng Formation volcanic rocks and the magma chamber may be the heat source for the thermal anomaly. In addition, the developed deep and shallow fault can be a good channel for upward transmission of deep heat hot resources. The temperature maps at different depths in XJWZ are constructed, subsurface temperature ranges from 39°C to 60°C at a depth of 1 km, from 75°C to 140°C at 2 km, from 108°C to 136°C at 3 km, and from 144°C to 180°C at 4 km. The Yingcheng Formation volcanic rock is the preferred reservoir rock because it is very dense and has a rich natural micro-cracks. The development of natural fracture can conduct the water fracturing like the Soultz project, which could reduce the cost. Besides,

the two magma melting layer as the heat source can guarantee the running time of EGS project.

Fracturing simulation was conducted in igneous rock reservoirs of Yingcheng Formation based on the geological data of # well of the XJWZ. Fracture parameters, such as length, height, aperture, shape and conductivity, were obtained through simulation. The heat production potential from the fractured HDR reservoir of the well was conducted based on the parameters obtained from the fracturing simulation. The results indicate that the hydrothermal production in a single conductive fracture from the well is approximately 10kg/s and the electricity-generating capacity is nearly 1.5MWe. An analysis of a geothermal extraction system comprising two horizontal wells (one injection well and one production well) from 10 cracks generated by fracturing suggests that a power station of 15 MWe electricity-generating capacity could be constructed initially to provide electricity.

The results of the analyses described above indicate that while there will be many problems needed to be considered, the XJWZ area has the potential for EGS development.

Keywords: EGS, China, Fracturing simulation, Horizontal wells, Heat production, Dynamic Reserves

Wen Zhang, Jianping Chen, Peihua Xu

Jilin University, Changchun, China

**DETERMINING THE CRITICAL SLIP SURFACE OF A FRACTURED
ROCK SLOPE CONSIDERING THE PRE-EXISTING FRACTURES
AND STATISTICAL PRINCIPLE**

Abstract

This study attempts to determine the critical slip surface of the fractured rock slope in the Laohuding quarry in Tianjin City, China. In this study, fractures in a 30 m × 20 m cross section of laohuding slope are generated based on stochastic mathematics. Fracture network modeling only reflect the statistical features of fractures not specific characteristics such as locations; thus, we used Monte-Carlo simulation to generate 100 2D fracture networks in the cross section to obtain a statistical result of the critical slip surface.

After geological processing, the shortest path of each fracture network is determined using Dijkstra's shortest path algorithm. The shortest path goes through the fractures to the largest extent and where the shear strength is smallest. Therefore, the shortest path can be regarded as the critical slip surface. The shortest path for each 2D fracture network varies. Thus, this study determines the final critical slip surface by using the principle of probability statistics, which shows that the coordinate of the entry point of the final critical slip surface for the investigated rock slope is (20 m, 20 m) while the exit point is (0 m, 0 m).

Keywords: Rock slope; Fracture network ; Stochastic mathematics; Critical slip surface.

Ying Zhu, Chen Chen

Jilin University , Changchun, China

**THE VOLUME FRACTURING DESIGN
OF STRATICULATE OIL SHALE DEPOSIT**

Abstract

It significantly improves the effect of increasing production and the period of validity to utilize volume fracturing technique in the application of in-

situ retorting oil shale mining technology. After expounding the existing condition and mechanical indexes of the Nong'an straticulate oil shale deposit, this paper designs the appropriate volume fracturing scheme, selecting appropriate techniques. The main design idea is showing as follows: to form horizontal well in the burial site of oil shale with horizontal drilling technology; to utilize the pulse discharge technology to generate micro cracks; to expand the cracks with the utilization of hydraulic fracturing technology, leading to the formation of fracture network. At the same time, this paper puts forward the equipment and process parameters adopted in the construction process of volume fracturing scheme.

Keywords: oil shale; volume fracturing; pulse discharge; hydraulic fracturing

Секция 2. Геология и горное дело

Подсекция «Геология, геофизика и геоэкология»

I.V. Kemkin, R.A. Kemkina

FEFU, Vladivostok

STRUCTURE AND COMPOSITION OF THE SIKHOTE-ALIN ACCRETIONARY PRISMS AND MESOZOIC GEOLOGICAL HISTORY OF THE EASTERN ASIA

Аннотация

На основе данных по составу и строению Сихотэ-Алинских аккреционных призм реконструирована мезозойская геологическая история восточной окраины Азии. Основными геологическими событиями, приведшими к формированию континентальной коры восточной Азии, были аккреция разновозрастных фрагментов осадочного чехла палео-Тихоокеанской плиты в ходе ее субдукции, последующие интенсивные деформации слагающих аккреционные призм пород в условиях трансформного скольжения плит и формирование гранитно-метаморфических комплексов за счет внедрения в породы призм орогенных гранитоидов.

The Sikhote-Alin Orogenic Belt encompasses an area on the eastern margin of Asia extending from the northern coast of the Sea of Japan to the southern coast of the Udsky Gulf of the Sea of Okhotsk. Within this area fragments (terranes) of three ancient accretionary prisms are widely distributed. Their age is Jurassic, Late Jurassic to Early Cretaceous and Early Cretaceous to Middle Cretaceous. Being formed in zones of direct interaction of lithosphere plates, the accretionary prisms carry information about the succession and character of the events that took place at the convergent boundaries along which they have been formed. In view of this connection, study of accretionary prism sedimentary formations is important for the several reasons, for example: understanding the geological structure and evolution of the regions composed of these formations; solving some problems regarding the deciphering of the features of these complicated-structured sedimentary complexes; reconstructing the accretion succession of the paleoceanic fragments and history of the prism formation; revealing the specificity of the accretion process at different areas of the convergent boundary; correlating geological events in the zone of the lithosphere plate joint; and interpreting geodynamic evolution of the continental margins along which they developed.

The Jurassic accretionary prism is represented by four fault-bounded terranes, Samarka, Nadanhada-Bikin, Khabarovsk, and Badzhal. All of these terranes consist of repeated alternation of tectonic slices of different thickness that form something like a “many-layered cake,” including Early to Late Jurassic sandstone and siltstone “alternating” with the slices containing Permian, Triassic, and Early Jurassic bedded chert and siliceous mudstones, and chaotic formations of *mélange* containing blocks and clasts of Carboniferous–Permian carbonate rock, and basalt, gabbro, and ultramafic rocks. Based on lithological composition of strata and age within these terranes several tectono-stratigraphic complexes have been distinguished. For example, in the Samarka terrane they are (from upper structural level to lower one) Sebuchar, Amba-Matay, Saratovka, Breevka and Katen complexes. The Sebuchar complex that composes the upper structural level of the Jurassic prism comprises a tectonic stack of the Early Jurassic terrigenous (clastic) and chaotic formations and separated fragments of Devonian–Permian ophiolite. The ophiolite consists of gabbro and ultramafic rocks of middle Paleozoic age (Kalinovka Formation), basalt, commonly in association with overlying Carboniferous–Permian

carbonate and chert rocks (Sebuchar Formation), and Late Permian greenish-gray sandstones and siltstones (Udeka Formation). The middle and lower structural levels of the Jurassic prism are composed of tectonic slices of different-aged chert-terrigenous sequences (so-called Oceanic Plate Stratigraphy Sequences), which age progressively rejuvenates from middle structural level of the prisms to the lower one.

The Late Jurassic–Early Cretaceous accretionary prism is also consists of repeated alternation of tectonic slices composed of the oceanic (fragments of paleoguyots and abyssal plain sediments), marginal-oceanic (sandstone-siltstone beds), and chaotic (subduction *mélange*) formations. Three successive tectono-stratigraphic units that are similar in lithology and structure, but differ in ages of the rocks have been distinguished within this prism. The lower unit (Erdagou Formation) contains a sequence of Late Jurassic to Early Berriasian cherts that are underlain by Callovian basalts and overlain by Late Berriasian–Late Valanginian siltstone and sandstone deposits. The middle unit (Gorbousha Formation) consists of Middle to Late Triassic limestones with high-Ti alkaline basalts at the base that are interpreted as fragments of paleoguyots, and chert-terrigenous sequence (Early Triassic to Late Jurassic cherts that are gradually transitional to late Tithonian–Berriasian siltstones and sandstones, and then to Berriasian–Valanginian *mélange*. The upper unit (Skalitorechenka Formation) is composed of Late Devonian to early Permian limestones with high-Ti alkaline basalts at the base (also interpreted as fragments of paleoguyots) together with Carboniferous to Middle Jurassic cherts that are overlapped by Late Jurassic siltstone and sandstone.

The Early-Middle Cretaceous accretionary prism in the Sikhote–Alin structure is represented by the Kiselevka–Manoma terrane, which is consists of package of tectonic slices that are composed mainly of Early Jurassic to middle Barremian cherts that alternate with high-Ti alkaline basalts and some associated Jurassic limestones. In individual tectonic slices, gradual transitions can be observed from cherts to Barremian–Aptian siliceous mudstones, and then to Aptian-Albian siltstones and turbidites. Terrigenous rocks of the Kiselevka–Manoma terrane are represented by greywackes that lack any arkosic component. This indicates that the paleo-oceanic formations of the Kiselevka–Manoma terrane were not subducted under the Paleo-Asian continent, but under an island arc located to the east of the continent.

The results of a study of ancient accretionary prism fragments of the Sikhote-Alin Orogenic Belt allow us reconstruction of the stepwise history of accretion of different-aged fragments of oceanic crust, as well geological history and main geological events on the eastern margin of the paleo-Asian continent during Mesozoic time. The absence of the Triassic accretionary prism fragments within the Sikhote-Alin indicates that during the Early Mesozoic the paleo-Asian continent eastern edge represented a passive continental margin. At the beginning of the Early Jurassic, geodynamic mode of the passive continental margin along the east edge of the paleo-Asian continent was replaced with geodynamic mode of the active continental margin of the Andean-type. Starting from this time along the paleo-Asian continent east edge tectono-sedimentary complexes of the Jurassic accretionary prism began to be formed. The fragments of this prism in the modern structure of the East and Southeast Asia are established from the Udsky Gulf south coast in the north, through the Sikhote-Alin (Russian South East), Nadanhada-Alin (Northeast China), Japanese islands, up to Palawan island (Philippines) in the south. In particular, in the Sikhote-Alin Orogenic Belt they are represented by Samarka, Nadanhada-Bikin, Khabarovsk, and Badzhal terranes, and within the Japanese islands, fragments of the Jurassic prism are known as the Tamba, Mino, Ashio, Northern Chichibu, and their metamorphosed analogs Rioke and Sanbagawa terranes.

Based on data on composition of the various structural levels of the terranes of the Sikhote-Alin Jurassic prism it is possible to conclude that during the Early Jurassic arrival and subduction an oceanic plateau took place. The fragments of this plateau in the Sikhote-Alin are represented by the Kalinovka ophiolite, in the Nadanhada-Alin region, they are represented by Dahechzhen (or Dongfanghong) ophiolite, and in the Japanese islands, they are represented by Yakuno ophiolite. The Middle and Late Jurassic time interval was characterized by the subduction of the poorly disjointed (in morphological aspect) part of the paleo-oceanic plate. The accreted paleoceanic fragments of this time interval are recorded by chert-clastic sequences that differ from each other only by different ages of the transition from siliceous beds to clastic layers. At the end of Jurassic, in the southern part of the Jurassic subduction zone, accretion of one more oceanic plateau was carried out the fragments of which (Mikabu ophiolites) are described as a part of the Sanbagawa terrane.

In the Latest Jurassic (probably in Tithonian) geodynamic mode of subduction along the most part of the paleo-Asian continent east margin was

changed to geodynamic mode of transform sliding of paleo-oceanic plate at the north direction. The evidences of this are the following: 1. Termination of the Jurassic prism formation. 2. Drastic change in the conditions of sedimentation near the continent–ocean boundary and beginning of formation of a thick section (more than 11000 m) of turbidites of the Zhouravlevka–Amur terrane with extremely high rates of sedimentation (about 500 mm per 1000 years). 3. Intrusion into the Jurassic prism sediments Late Jurassic–Early Cretaceous alkaline ultramafic and mafic plutons and effusion of Late Jurassic alkaline picrites and meimechites which are related with the mantle injection through slab window or slab break-off.

Thus, since the Latest Jurassic the paleo-Asian continent east edge represented a transform margin. On the contrary, along the southern edge of the paleo-Asian continent, due to sub-lateral orientation of the continent-ocean boundary, the new subduction zone has been arising. During Tithonian-Early Hauterivian along this subduction zone the tectono-sedimentary complexes of the Late Jurassic-Early Cretaceous accretionary prism have been formed. In the modern structure of the Asia Pacific margin this prism is represented by the Taukha terrane (Sikhote-Alin Orogenic Belt, Russia Far East), Southern Chichibu and Ryukyu terranes (Outer Zone of the Southwest Japan), and Northern Kitakami and Oshima terranes (Northeast Japan). The data on composition and age of rocks in the tectonic slices of the Taukha terrane show that in the Late Tithonian-Early Berriasian, fragments of Devonian to Permian guyots and sites of abyssal plain surrounding them were accreted. In the Berriasian-Valanginian the Triassic to Mid Jurassic part of an oceanic plate, which morphologically also represented an abyssal plain with several Middle to Late Triassic guyots was accreted. Accretion of the Late Jurassic to Berriasian part of oceanic plate that is represented in the Taukha terrane by the fragments of middle-oceanic spreading ridge with overlapping Middle Oxfordian to Middle Berriasian pelagic deposits began in the earliest Hauterivian.

In Hauterivian time, the southern subduction zone was blocked by spreading ridge which separated the paleo-Pacific plate (Izanagi) and the Pacific plate. Fragments of this ridge are presented at the youngest structural unit (Erdagou Formation) of the Taukha terrane. The blocking of southern subduction zone was a reason of termination of the Late Jurassic-Early Cretaceous accretionary prism formation and also a reason of arising of series of left-lateral strike-slip faults on the paleo-Asian continent east margin. Along one of them the southeast part of the paleo-Asian continent has been moved to

the northeast. The large-scale displacement of southern part of the paleo-Asian continent east margin along left-lateral strike-slip faults caused also the crumpling of the Jurassic prism southern flank into the giant fold with steeply plunging axe (oroclinal fold).

The blocking of southern subduction zone was, probably, a reason of initiation of growing of the Early Cretaceous island arc (Kema and Rebun-Kabato terranes) and synchronous Early Cretaceous accretionary prism (Kiselevka-Manoma terrane) nearby the continent margin.

During Hauterivian-Albian the Jurassic and Late Jurassic-Early Cretaceous prisms, Early Cretaceous turbidite basin, Early Cretaceous island arc and Early Cretaceous accretionary prism have been displacing along the paleo-Asian continent east margin to the north being moved by the Pacific plate. At the beginning of the Late Albian, the Early Cretaceous island arc and Early Cretaceous accretionary prism approached the continent and were accreted. As a result new transform continental margin was formed.

The Late Albian-Early Cenomanian time interval is characterized by large scale left-lateral translation of the paleo-Asian continent east margin along the numerous faults of the Tan–Lu Fault system the most large of which are Misha-Fushung-Alchan, Iian-Itoun, Kondzhu-Ymsong, Central Sikhote-Alin and its continuation in Japan Tanakura and Middle Tectonic Line faults. As a result of these left-lateral dislocations, the rock associations of the accretionary prisms, turbidite basin and island arc were crumpled into multiple folds of various scales with steeply plunging axes (oroclinal folds). During the oroclinal orogeny, the vertical thickness of sediments of abovementioned terranes increased multifold. The lower part of these terranes experienced temperatures and pressures that were high enough to create large volumes of granite magma. The orogenic granites have been intruded into the all Sikhote-Alin terranes, and new continental crust of the paleo-Asian continent east margin have been formed.

At the beginning of Late Cretaceous (Middle Cenomanian) geodynamic mode of the transform margin along the paleo-Asian continent east edge was changed again to geodynamic mode of subduction of an oceanic (Pacific) plate. During Late Cretaceous–Paleocene along the paleo-Asian continent east margin the following lateral series was formed: epicontinental (marginal-continental) volcanic arc (East Sikhote-Alin volcanic belt), forearc basin (West Sakhalin and Sorachi–Ezo terranes) and accretionary prism (Nabil terrane (Sakhalin Island), East Hidaka terrane (Hokkaido Island), and Simanto terrane (Outer Zone of the Southwest Japan)).

*N. Shkabarnya 1, A. Agoshkov 1, G. Shkabarnya 2 (Н.Г. Шкабарня 1,
А.И. Агошков 1, Г.Н. Шкабарня 2)*

¹FEFU, Vladivostok

²Pacific Institute of FEB RAS, Vladivostok

**LANDSLIDE PROCESSES IN THE PRIMORSKY TERRITORY
AND METHODS OF THEIR STUDY (ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ
НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ И МЕТОДИКА
ИХ ИЗУЧЕНИЯ)**

Аннотация

Рассмотрены условия и факторы распространения оползневых процессов на территории Приморского края. Дана характеристика и причины возникновения данного явления. Приведены примеры оползневых процессов на территории края. Предложена методика изучения оползневых массивов с выделением ослабленных слоев в геологическом разрезе с использованием электрической томографии.

Ключевые слова: оползневые процессы, геологический разрез, ослабленные слои, электрическая томография, буругольные разрезы, геоэлектрический разрез.

Приморье отличается от других регионов России чрезвычайно сложным геологическим строением, широким развитием опасных геологических процессов, специфическими метеорологическими и гидрогеологическими условиями, а главное структурно-тектоническим строением территории [2].

Климат края умеренный, муссонный. Зима сухая и холодная с ясной погодой. Весна продолжительная, с частыми колебаниями температуры. Лето теплое и влажное, характеризуется большим количеством осадков, приходом тайфунов, которые наносят огромный ущерб инфраструктуре края, приводят к наводнениям, к оползневым явлениям и сходу селей, склоновой и русловой эрозии грунтов. Осень теплая, сухая, с ясной погодой.

Анализ наводнений последних десятилетий позволил выделить следующие характерные причины: обильные осадки и тайфуны, гористый рельеф местности на большей части бассейнов рек, резкие переходы от горных частей к равнинам, малая водопроницаемость глинистых грунтов, наличие глубокой сезонной мерзлоты, стесненность долин и русел рек дорожными насыпями и мостами.

Оползни представляют собой крупные смещения различных горных пород по склону под влиянием силы тяжести. Оползневый процесс возникает вследствие несоответствия крутизны склона составу и состоянию слагающих его пород, когда касательные напряжения становятся больше сопротивления сдвигу. В результате часть оползневого массива отделяется и по поверхности скольжения смещается вниз. Важнейшей особенностью структурного строения оползневых массивов является наличие поверхности скольжения, поскольку именно здесь естественная структура горных пород претерпевает наибольшие изменения.

В Приморском крае различают природные оползневые явления, развивающиеся на крутых склонах гор, речных долин, на берегах озер, водохранилищ и морей, а также техногенные оползни, являющиеся следствием деятельности человека [3,4,6].

Оползневые процессы в крае связаны, в основном, с глинами и глинистыми грунтами. Глины в геологических разрезах весьма разнообразны: от тугопластичных до текучепластичных. При изучении оползневых массивов особый интерес представляют те глины, которые кажутся плотными (тугопластичными), но имеют особый минералогический состав и своеобразную внутреннюю структуру, предопределяющую их необычную пластичность при обводнении.

На юге Приморья природные оползни приурочены к краевым частям Шуфанского и Шкотовского плато, где под базальтоидами, в большинстве случаев, залегают слоистые осадочные породы суйфунской, усть-суйфунской и усть-давыдовской свит. Отложения этих свит слаболитифицированы и быстро выветриваются до песков, глин, суглинков, по которым и происходит оползание блоков выше залегающих базальтоидов. Здесь оползни приурочены к бортам рек, прорезающих плато на полную мощность и могут достигать 8-10 км по простиранию и до 3-4 км в ширину.

На побережье озера Ханка оползни встречаются в изотропных массивах, которые представлены слабоуплотненными глинами, залегающими на алевролитах плиоценового возраста. В результате оползневые наполнения смещаются крупными блоками, которые удаляются от места отрыва иногда на 80-100 м.

На севере края, природные оползни наблюдаются в бассейнах притоков реки Бикин. Здесь базальты залегают на кислых и средних эффузивах, эффузивно-осадочных породах нижнего мела, иногда на слабосцементированных маломощных породах палеоген-неогена (галечники, пески). Оползание чаще всего происходит по мощной коре выветривания, характерной для этих пород. На востоке, в пределах Сихоте-Алинской горной системы, отмечены оползни в области развития вулканитов (чаще всего базальтоидов). Наибольшее распространение они получили в краевых частях базальтовых плато в бассейнах рек Зевы, Килоу, Единки, Самарги, в верхнем течении рек Кемы, Таёжной и другие.

Распространение природных оползневых процессов в Приморье имеет следующие закономерности: оползневые массивы располагаются, в основном, на участках базальтовых плато; оползни практически отсутствуют, когда базальтовый покров имеет значительную мощность; ограничивающим фактором развития оползней являются сравнительно небольшая мощность кор выветривания.

Техногенные оползневые процессы чаще всего наблюдаются на угольных разрезах и при строительстве автодорог. Они представляют большую опасность для людей, механизмов и препятствуют устойчивой работе предприятий. Например, оползни бортов самого крупного Лучегорского бурогоугольного разреза отмечались на протяжении всего периода его строительства и эксплуатации, начиная с 1973 года. Так оползень в начале февраля 2004 года захватил борт протяженностью около 400 м по бровке уступа и величина смещения составила 450 м. Объем оползневых накоплений составил 2,5 млн. м³. Площадь этого опасного участка разреза характеризуется сложными инженерно-геологическими условиями, что связано с наклонным залеганием угольных пластов и слоев вмещающих горных пород в сторону выработанного пространства под углами до 25°; наличием в кровле и почве угольных пластов слабых пластичных пропластов аргиллитов и углистых аргиллитов с низкими характеристиками сопротивляемости сдвигу, а также мягкопластичных и текучепластичных

глин среди четвертичных и неогеновых отложений; высокими напорами подземных вод из нижележащих нескрытых групп угольных пластов; расположением нерабочего борта разреза в днище речной долины. Гидрогеологические условия месторождения отличаются наличием большого количества водоносных горизонтов, их неравномерной водообильностью. Оползни в форме оплывин встречаются на рекультивированном отвале разреза Павловский. Здесь отвалы расположены на пологом обводненном склоне и представлены, в основном, породами вскрыши: глинами, аргиллитами, алевролитами, мелкозернистыми разностями глинистых песчаников и песчано-галечниковыми отложениями. Глины и аргиллиты при обводнении становятся мягко- и текучепластичными.

Негативные явления в виде оползания бортов выемок или склонов, даже с небольшим уклоном, наблюдались при строительстве различных объектов. Так в районе г. Уссурийска в 1989 г. произошло оползание насыпных грунтов в результате подрезки основания склона при прокладке дороги. В г. Находке в 1991 г. произошло оползание склона на площадку судоремонтного завода. Во Владивостоке в результате оползневых явлений 16 сентября 2012 г. и 20 мая 2013 г. была перекрыта трасса поселок Новый – Седанка – Патрокл.

Для оценки и прогноза оползневых процессов в комплексе с единичными инженерно-геологическими скважинами существенную помощь могут оказать геофизические методы [1,4]. Исследования комплексом этих методов позволяют обследовать большие площади с заданной детальностью наблюдений, получать пространственно-временные структурно-тектонические модели, определять напряженные состояния массивов горных пород, изучать условия залегания и динамику подземных вод и ослабленных слоев в геологическом разрезе, картировать поверхности скольжения и определять изменения количественных параметров геологической среды в процессе мониторинговых наблюдений.

В последние десятилетия произошли значительные совершенствования геофизических методов. Изменения коснулись методики полевых работ, цифровой аппаратуры, компьютерных программ обработки и интерпретации данных. Появились новые технологии, которые можно с успехом применять для изучения оползневых массивов и одной из них является электрическая томография [3,7,8]. Эта технология основана [8] на размещении большего числа электродов (до нескольких сотен) по профилям

на поверхности оползневых откосов. Современная измерительная аппаратура является цифровой и имеет интерфейс, позволяющий в полевых условиях создавать различные режимы управления многоканальными системами наблюдений, обеспечивать первичную обработку и интерпретацию данных на базе персонального компьютера.

На территории Приморского края изучение оползневых процессов с применением геофизических методов впервые начали проводить [3,5,9] на площади Лучегорского бурогоугольного разреза. Причем для оценки и прогноза этого явления была применена электрическая томография. Работы с помощью аппаратуры SARIS (компания Scintrex, Канада) проведены на одном из самых опасных участков по 24 прямолинейным профилям на откосе, параллельно бровке борта разреза. Большинство расстановок на профиле включали 75 электродов с расстояниями между ними 4,5 м и соответственно длина каждого профиля составляли 333 м. Интерпретация полевых материалов осуществлялось с помощью автоматизированных систем, где для математического моделирования электрических полей использовалась двумерная модель разреза. Но предварительно для получения достоверных результатов интерпретации формировались фоновые геоэлектрические модели разных участков оползневого откоса. В процессе формирования моделей на основе анализа априорной геолого-геофизической информации для каждой модели установлены примерные геометрические и физические параметры основных комплексов горных пород, которые включали мощности, удельные электрические сопротивления, литологические характеристики, консистенции, характер обводнения и минерализации вод.

В результате интерпретации полевых материалов получены геоэлектрические модели, на которых в зависимости от удельного сопротивления участка разреза выделены: почвенно-растительный слой, насыпанные грунты и техногенные образования; определены и прослежены тугопластичные глины, суглинки и песчано-глинистые отложения четвертичного возраста; сильно обводненные четвертичные глины и текучепластичные глины неогена. После геологического истолкования геоэлектрических моделей и привязки электрических горизонтов к литологическим комплексам, с учетом инженерно-геологических скважин на бровке борта угольного разреза, построены геолого-геофизические разрезы.

Таким образом, выполненные исследования методом электрической томографии в комплексе с единичными скважинами установили условия залегания, геометрические и физические параметры основных комплексов пород на участке развития оползневых процессов угольного разреза. Но главным результатом этих работ стало установление пространственного положения и изменение во времени основных параметров ослабленных слоев, представленных мягкопластичными глинами в толще аллювиальных четвертичных отложений. Установленные закономерности поведения этих слоев использовались геологической службой угольного разреза для принятия предупредительных мер. Поэтому, для оценки и прогноза оползневых процессов на угольных разрезах и других территориях с оползневыми массивами рекомендовано использовать полученный опыт применения электрической томографии в комплексе с единичными инженерно-геологическими скважинами.

Литература

1. Богословский В.А., Жигалин А.Д., Хмелевской В.К. Экологическая геофизика. М.: МГУ, 2000. – 217
2. Короткий А.М., Коробов В.В., Шорникова В.В., Скалзник Г.П. Опасные явления и процессы и их влияние на устойчивость экосистем (юг Дальнего Востока). // География и экология. – Владивосток: Вестник ДВО РАН, 2005. №5. – с. 42-58.
3. Мясник В.Ч., Калинин И.В., Шкабарня Н.Г., Шкабарня Г.Н. Изучение структурно-тектонического строения угольных месторождений методом электрической томографии. // Горный журнал. М.:2006. №12.
4. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики. М. Недра, 1990. 501.
5. Рассказов И.Ю., Шкабарня Н.Г., Шкабарня Г.Н. Исследование оползневых откосов угольных разрезов методом электрической томографии. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – Новосибирск: СП РАН, 2013, №3. – с.57-67.
6. Рынков В.С. Инженерно-геологическое районирование Приморского края. // Вопросы регионального изучения инженерно-геологических условий СССР. – М.: ВСЕГИИГЕО, 1971. – с.16-28.
7. Тарасенко И.А., Шкабарня Н.Г. Условия развития оползневых процессов на угольных разрезах Приморья. // Мат. Международной научной конференции, Проблемы комплексного освоения георесурсов. – Хабаровск : ИГД ДВО РАН, 2010. – с.81-88.
8. Шкабарня Г.Н. Возможности и перспективы электрической томографии при детальном изучении геологической среды. // Геоинжиниринг. – Краснодар : ИнжеГео, 2006. №1. – с. 48-51.

9. Шкабарня Н.Г., Агошков А.И., Шкабарня Г.Н. Возможности методов электроразведки для оценки техногенных оползневых явлений на угольных разрезах. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Мир горной книги, 2007. – с.391-400.

G. Shkabarnya 1, N. Nagornova 2, P. Gorelov 2, O. Ridya 2

¹Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok

²FEFU, Vladivostok

**JUSTIFICATION OF THE METHOD FOR STUDYING
THE ELECTRICAL SENSING TECTONIC DISTURBANCES
ON THE ROUTE OF THE OIL PIPELINE "EASTERN SIBERIA –
PACIFIC OCEAN" (ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ТРАССЕ НЕФТЕПРОВОДА
«ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ – ТИХИЙ ОКЕАН»)**

Аннотация

Рассмотрены возможности метода вертикального электрического зондирования в комплексе с единичными инженерно-геологическими скважинами для изучения элементов залегания и физических свойств горных пород на участках тектонических нарушений. Теоретическое обоснование информативности метода проведено на основе анализа результатов математического моделирования электрического поля над средой с наклонными и вертикальными границами. Результаты практического применения метода показаны на нескольких участках трассы нефтепровода ВСТО в Хабаровском крае, где в геологическом разрезе выделены наклонные и крутопадающие границы.

Конечная часть трассы нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) на территории Хабаровского и Приморского краев проложена в сложных инженерно-геологических условиях. Это связано с тем, что территория расположена в зоне сочленения Азиатского континента с жестким кристаллическим основанием и Тихоокеанского подвижного пояса с активными тектоническими и вулканическими процес-

сами. Поэтому здесь широко распространены эндогенные и экзогенные процессы [1, 3], характеризующиеся разнообразием и различной степенью активности.

Современный структурный план представлен широким развитием четко выраженных тектонических нарушений северо-восточного простирания. Наряду с ними имеются разломы северо-западной и субширотной ориентации, отличающиеся меньшей контрастностью. Учитывая своеобразие структурно-тектонического строения, безопасная эксплуатация нефтепровода ВСТО требует изучения тектонических нарушений вдоль трассы и постоянного мониторинга геодинамических процессов на этих участках. Проблема исследования разломов на трассе чрезвычайно важна поскольку с ними связаны землетрясения.

Для детального изучения элементов залегания и изменений физических свойств горных пород на участках тектонических нарушений можно с успехом использовать геофизические технологии в комплексе с единичными инженерно-геологическими скважинами. Среди этих технологий достаточно информативным является [2, 4] метод вертикального зондирования (ВЭЗ).

С помощью этого метода в комплексе с редкими параметрическими скважинами можно решать две группы задач. Первая предусматривает выделение границ, по которым происходит смещение блоков. Плоскость или поверхность смещения определяется по изменению параметров геоэлектрического поля по обе стороны от границы. При решении второй группы задач разрывные нарушения можно рассматривать как особые геологические объекты (зоны дробления пород), имеющие мощности и специфические электрические свойства. Их мощности варьируют от сантиметров до сотен метров и зависят от многих факторов, главными из которых являются амплитуды смещения блоков, положение плоскости разрыва, вещественный состав и физические свойства пород. Петрофизические свойства пород в зонах дробления определяются составом пород, степенью переработки материала, режимом и минерализацией подземных вод. Благоприятным условием выделения зон является проникновение подземных вод повышенной минерализации в верхней части геологического разреза. Электрические свойства в зонах дробления характеризуются, как правило, низкими удельными сопротивлениями.

Теоретическое обоснование информативности метода электрических зондирований проведено на основе анализа результатов математического моделирования электрического поля над средой с наклонными и вертикальными границами. Отмеченные закономерности имеют существенное значение при интерпретации полевых материалов в случае изучения разрывных нарушений вдоль трассы нефтепровода ВСТО.

На территории Приморского края трасса нефтепровода пересекает шесть крупных тектонических нарушений дочетвертичного возраста (Алчанский, Дальнереченский, Кабаргинский, Средне-Ханкайский, Западно-Партизанский и Партизанский) и множество мелких разломов. Все они перекрыты кайнозойскими и четвертичными отложениями и параметры их изучены недостаточно.

Однако в процессе инженерно-геологических изысканий на рассматриваемом участке трассы специальные исследования по выделению и изучению тектонических нарушений не проводились. При решении инженерно-геологических задач на нескольких участках трассы в Хабаровском крае методом ВЭЗ уверенно выделены наклонные и крутопадающие границы в геологическом разрезе. Например, на участке р. Бирушка в результате интерпретации кривых зондирования установлено, что слоистое залегание грунтов осложнено фациальными замещениями и мелкими разрывными нарушениями. Фрагмент геоэлектрического разреза для одного из профилей приведен на рисунке 1. Здесь нарушение выделено на основании интерпретации кривых ВЭЗ 1, 2, 3 (рис 2) с учетом изломов функции $\rho_k(r)$, и аномальных расхождений значений при переходе на большую приемную линию. Нарушение в районе ВЭЗ № 2 связано с резкой сменой фаций, где суглинки с прослоями песка сменяются суглинками без прослоев, а галечниковый грунт с прослоями песка на пески мелкозернистые.

На представленном фрагменте выделены и прослежены почвенно-растительный слой удельными сопротивлениями от 50 до 400 Ом.м (если мощности его превышают 0,5 м), суглинки 75 Ом.м, пески мелкозернистые 200 Ом.м, пески и суглинки с углистыми включениями 250 Ом.м, галечниковый грунт с прослоями песка 550 Ом.м. Подстилающий комплекс представлен галечниковым грунтом с супесчаным пластичным заполнителем, сопротивление которого изменяется в диапазоне 160-180

Ом.м. По данным интерпретации кривых зондирования все слои выделяются уверенно и общая мощность их не превышает 12 метров.

Выполненные исследования показали, что использование метода электрического зондирования позволяет выделять разрывные нарушения и определять геометрические и электрические параметры слоев геологического разреза в сложных инженерно-геологических условиях на трассе нефтепровода ВСТО.

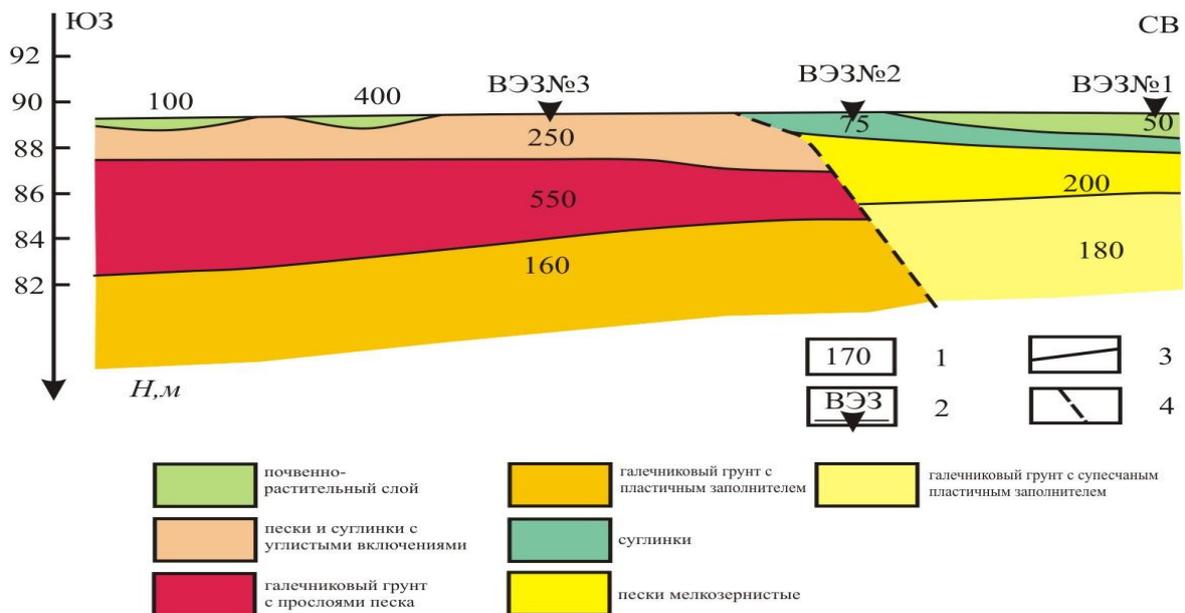


Рис. 1 Фрагмент геоэлектрического разреза по профилю ВЭЗ на участке р. Бирушка. 1 – величины удельных электрических сопротивлений, 2 – точка электрического зондирования, 3 – геоэлектрические границы, 4 – разломы

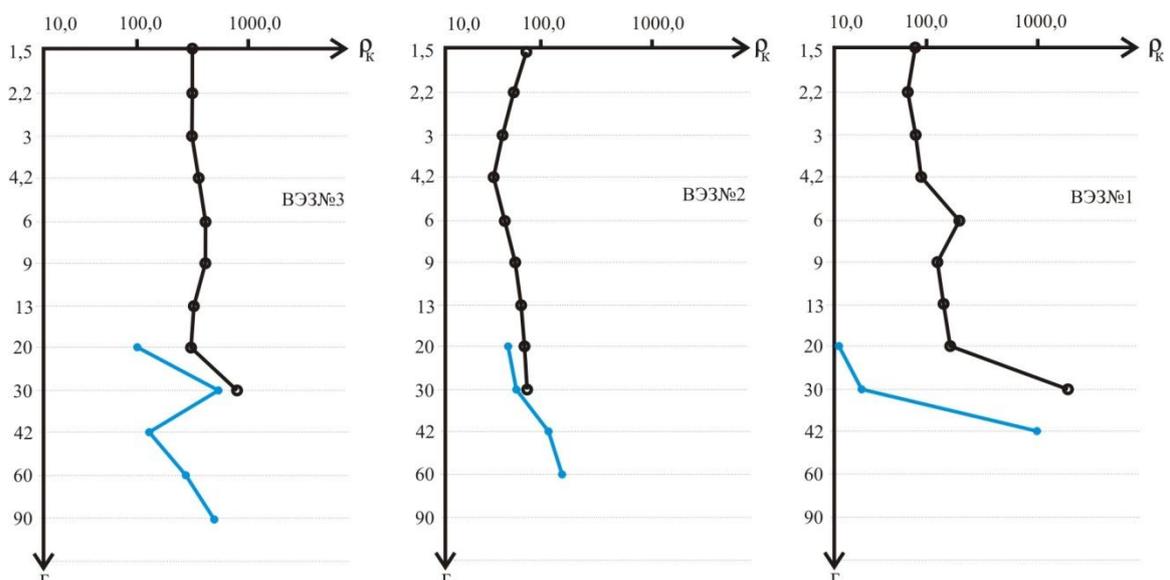


Рис. 2 Кривые электрического зондирования на участке р. Бирушка

Литература

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / под ред. А.И.Ханчука. – Владивосток: Дальнаука, 2006, Кн. 1. – С 1-572, Кн 2. – С 573-981.
2. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики. – М.: Недра, 1990. – 501 с.
3. Седых А.К. Кайнозойские рифтогенные впадины Приморья. – Владивосток; Дальнаука, 2008. – 248 с.
4. Шкабарня Н.Г., Столов Б.Л., Шкабарня Г.Н. Электроразведочные методы при исследовании тектонических нарушений верхней части литосферы на территории Приморья // Геофизика. М.: Герс, 2010. № 5. С. 38-46.

I. Solyanik, A. Zinkov (И.В. Соляник, А.В. Зиньков)

FEFU, Vladivostok

**INFLUENCE OF LANDFILL IN VLADIVOSTOK
ON THE FORMATION OF THE ENVIRONMENTAL RISK
OF CONTAMINATION OF NEARBY RIVERS
(ВЛИЯНИЕ ПОЛИГОНА ТБО Г. ВЛАДИВОСТОКА
НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ЗАГРЯЗНЕ-
НИЯ БЛИЗЛЕЖАЩИХ РЕК)**

Аннотация

В статье проведен анализ экологических проблем, возникающих при размещении и эксплуатации полигона ТБО и теоретический расчет сроков и предполагаемых мест выхода, загрязненных при миграции вод карты № 2 в долины соседних ручьев – руч. Десантный, руч. Рыбачий и р. Большая Пионерская.

К Саммиту АТЭС-2012г. г. Владивосток получил новый полигон ТБО в долине руч. Безымянный, старый полигон в п. Горностай был закрыт и рекультивирован. Новый полигон запроектирован с учетом всех новейшим достижений в отрасли переработки ТБО. Проектом предусматривалось устройство в долине ручья четырех карт для захоронения отходов с полной гидроизоляции, выводом стоков в очистные сооружения и сбросом очищенных вод в руч. Безымянный.

После Саммита АТЭС-2012 на территории карты № 2 ООО «Изыскатель-2» были выполнены инженерно-геологические изыскания с целью оценки ситуации [1-2], а ООО «Экопроект» - инженерно-экологические изыскания.

Выяснилось следующее:

1. Водоотвод ручья Безымянный выполнен некачественно. Половина стока поступает в водоотводный канал из железобетонных лотков, половина стекает в распадок в карту № 2. Для полного перехвата ручья необходимо в верховье распадка строить приемный гидротехнический ковш (возможно, с бетонированием ложа) и цементационные завесы поперек тальвега (возможно, не одну).

2. Карта № 2, засыпанная отходами без всякой переработки, по площади заняла проектные карты № 2 и № 3 и в нее свободно вливается ру-

чей Безымянный. Мощность отходов в карте № 2 составила 8-13 м, из них 4 м (от поверхности) в сухом состоянии, ниже - в водонасыщенном состоянии. Ни о каком перебрасывании отходов карты № 2 в подготовленную карту № 1 не может быть и речи (около 10-20 % отходов уже находится в растворенном состоянии – органика, бумага, текстиль).

3. Очистные сооружения в период изысканий не работали, были забиты полиэтиленом, и ручей Безымянный, выходя из карты № 2, по трубе сбрасывался в распадок ниже полигона ТБО, образуя коричневую пену высотой до 0,5 м.

4. По данным ООО «Экопроект», загрязненные воды карты № 2 уже распространились в борту распадка (повышенное содержание фенолов и др.), что показали пробы воды из контрольных скважин по левому борту ручья.

Цели и задачи настоящей работы: теоретически рассчитать сроки выхода загрязненных вод карты № 2 в долины соседних ручьев – руч. Десантный, руч. Рыбачий и р. Большая Пионерская. Особый интерес вызывает выход загрязненных вод в долину р. Большая Пионерская, а далее – в Пионерское (Седанкинское) водохранилище, которое используется для водоснабжения г. Владивостока.

От полигона ТБО бассейн водохранилища отгорожен сопкой – Седанкинской гранитной интрузией. Так как долины близлежащих ручьев расположены ниже уровня полигона ТБО, то вследствие фильтрации загрязненных вод через сопки возможно заражение сточными водами бассейнов руч. Рыбачий, Десантный и реки Большая Пионерская. Это предположение теоретическое, т. к. загрязнение воды, фильтруясь через скальную толщу, самоочищается. Но процесс самоочищения не бесконечен, и на какой-то стадии (через n-количество лет) загрязненные воды могут достигнуть истоков трех соседних ручьев.

Так как на территорию нет мелкомасштабных карт, сначала была подготовлена топооснова. Далее помечены кратчайшие (по прямой) направления до русел ручьев Рыбачий, Десантный и реки Большая Пионерская (Рис. 1).

Следующая стадия – гидравлические расчеты, при которых приняты следующие фактические и теоретические расчетные данные:

а) Уровень воды в карте № 2 – 142,5 м (отметка уровня загрязненных вод в карте № 2 Расстояние от поверхности карты № 2 до точек выхода в долины ручьев вычислено по плану примерного масштаба 1:

20000. До руч. Десантный - 600 м, руч. Рыбачий - 700 м и до реки Большая Пионерская - 1900 м

б) Минимальный уклон водного потока – 0,006 (принятого при проектировании самотечной канализации) [5], далее $J=0,006$. [3]

в) Пористость массивов скальных пород:

Пористость гранитоидов [4] – ($1 \% < N < 10 \%$), принимаем в среднем значение 5 %.

Пористость песчаников [4] – ($3,5 \% < N < 24 \%$), принимаем в среднем значение 10 %.

Коэффициент фильтрации скальных грунтов (сильнотрещиноватых и трещиноватых) принимаем два значения и рассчитываем для обоих значений [3]:

$K_{\min} - 0,5$ м/сут

$K_{\max} - 5$ м/сут

Начальной отметкой принят уровень воды в карте № 2 - это отметка 142,5 м. Далее с учетом минимального канализационного уклона по направлению к долинам ручьев, рассчитаны абсолютные отметки, на которой выйдет поток загрязненных вод в долинах руч. Десантный, руч. Рыбачий и река Большая Пионерская.

Долины ручьев Рыбачий и Десантный нас особо не интересуют: это короткие ручьи, впадающие в море, и в целях водоснабжения не используются. Но прибрежная полоса Уссурийского залива является рыбоохранной зоной, а так же местом массового летнего отдыха населения г. Владивостока. Поэтому дополнительные загрязнения побережья сточными водами полигона ТБО так же недопустимо.

Принимая во внимание, что карта № 2 была заполнена примерно в 2011 г, в 2026 г. возможен (теоретически) выход загрязненных вод с полигона ТБО в долину Седанкинского водохранилища. Для проверки данной гипотезы рекомендуется руководству ООО «Примводоканал» начиная с 2020 года запланировать оценку гидрогеологической обстановки восточного склона Пионерного водохранилища на возможность поступления загрязненных вод со стороны полигона ТБО. Для этого достаточно выполнять ежегодный мониторинг (раз в год) химического состава поверхностных вод реки Большая Пионерская ниже абсолютной отметки 130 м.

В настоящее время существующие карты на полигоне ТБО уже заполнены. Для увеличения вместимости полигона возможен только один выход – наращивание ограждающих дамб. Наращивание дамб автоматизи-

чески поднимет уровень загрязненных вод в карте, следовательно, появится дополнительный гидравлический градиент и увеличится скорость потока загрязненных вод сквозь скальную толщу.

Литература

1. Отчет по ревизионно - оценочным инженерно-геологическим работам на объекте: «Комплекс по переработке и утилизации твердых бытовых отходов в г. Владивостоке». ООО «Изыскатель-2» 2012г.

2. Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях по объекту: «Рекультивация участка временного складирования отходов (2 карта) на Комплексе по переработке и утилизации ТБО в г. Владивостоке». ООО «Изыскатель-2» 2012г.

3. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии М.: Изд-во Высшая школа, 1968. 632 с.

4. Варга А.А. К прогнозу фильтрационных свойств скального массива по параметрам трещиноватости// Труды Гидропроекта. – 1981. - Вып. 76. - С. 30 - 36.

5. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.

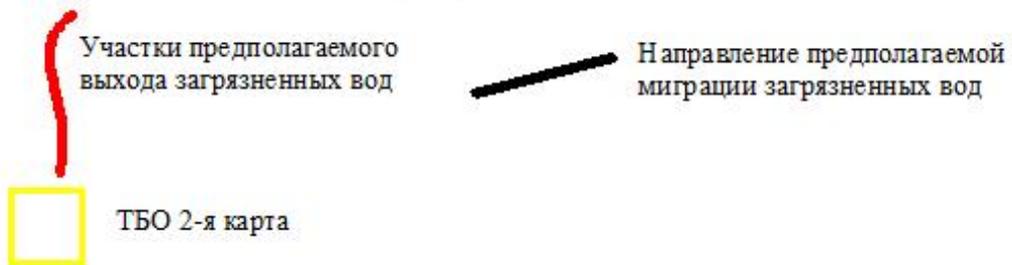
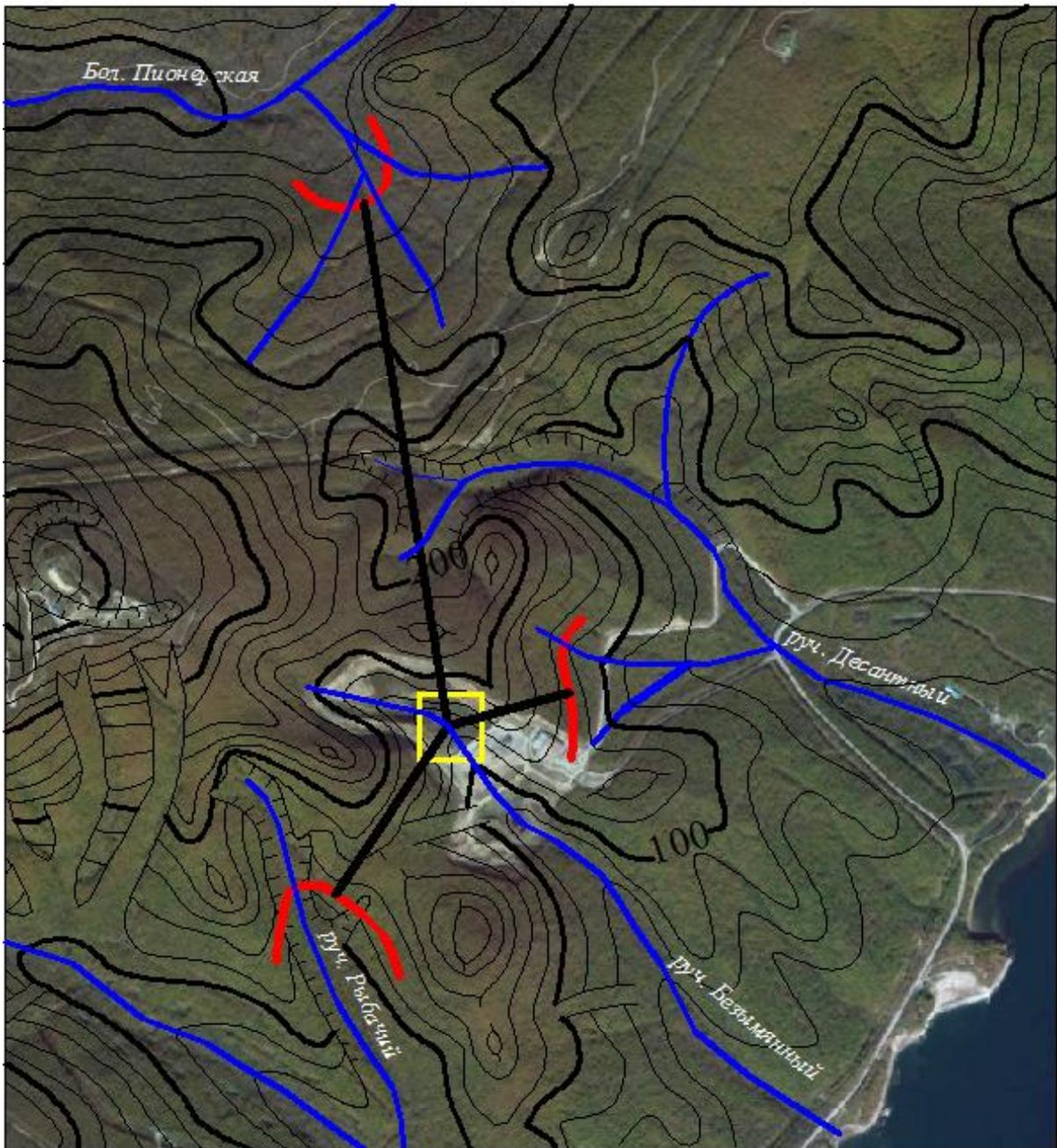


Рис. 1. Обзорная схема

*B. Zarovnyayev, N. Egorov, G. Kovrov (Б.Н. Заровняев,
Н.Е. Егоров, Г.С. Ковров)*

Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk

**THE RELATIONSHIP BETWEEN UNIVERSITY, BUSINESS
AND GOVERNMENT IN TRAINING FOR MINING AND
GEOLOGICAL ENTERPRISES OF THE REGION
(ВЗАИМООТНОШЕНИЯ УНИВЕРСИТЕТА, БИЗНЕСА И ВЛАСТИ
В ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА)**

Аннотация

Рассмотрены вопросы подготовки кадров для предприятий горно-геологической отрасли экономики региона на основе концепции модели «Тройная спираль». Показана среднегодовая динамика численности занятых и потребности в кадрах по виду экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых» по субъектам ДВФО за период 2010-2014 гг.

Выполнен анализ подготовки кадров в профессиональных образовательных организациях для горнодобывающей промышленности по регионам ДВФО, в т.ч. на примере Северо-Восточного федерального университета. Авторами предлагается концептуальная модель подготовки кадров на основе эффективного взаимодействия участников триады, которая при оптимальном сочетании научно-образовательного и производственного процессов, приоритетной политики региональной власти по стимулированию развития образования и науки позволит повысить качество подготовки высококвалифицированных специалистов, отвечающих запросам региональной экономики.

С приходом рыночной экономики общество столкнулось с рядом проблем в кадровой сфере. Наиболее острые проблемы: перенасыщенность рынка кадрами одних специальностей и острый дефицит других, иммиграция высококвалифицированных кадров, снижение качества предоставляемых образовательных услуг, отсутствие связи учреждений высшего профессионального образования (ВПО) с реальными процессами на рынке труда, трудоустроенность выпускников ВПО не по полученной в учебном заведении специальности [4].

В современном обществе от выпускника университета требуется не только быть профессионалом в какой-либо области знания, но и быть готовым активно участвовать в экономическом развитии [1]. Университеты в экономике знаний от обучения (модель образовательного университета) переходят к исследованиям (модель исследовательского университета), а затем неизбежно переходят к научному предпринимательству (модель предпринимательского университета). В связи с этим, для эффективной реализации инструментов государственной политики необходимо формирование новой модели взаимоотношений триады «государство – наука – бизнес» в инновационной системе на принципах модели «Тройной спирали» [3, 5].

Как известно, социально-экономическое развитие региона в основном зависит от производственного потенциала базовых отраслей экономики, основным из которых является горно-геологическая отрасль. Ввиду специфики производства данная отрасль промышленности требует постоянного обновления кадрового состава инженерных специальностей разного профиля. На рисунке 1 представлена среднегодовая динамика численности занятых по ВЭД «Добыча полезных ископаемых» по субъектам ДВФО за период 2010-2014гг.

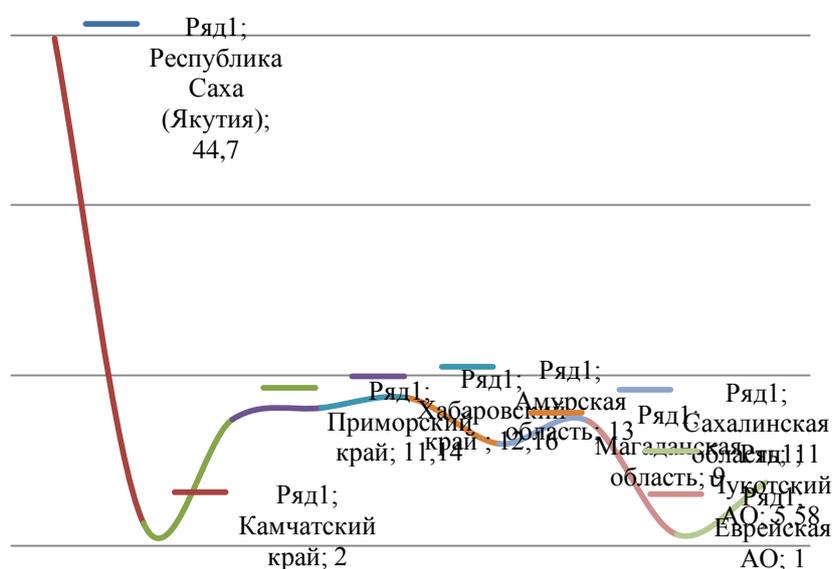


Рис. 1. Средняя численность занятых по ВЭД «Добыча полезных ископаемых» в субъектах ДВФО за 2010-2014гг., тыс.чел.

Анализ данных Росстата показывает, что лидирующие позиции занимают: Республика Саха (Якутия) (около 45%), Хабаровский край (от

11,6% до 15,0%), Сахалинская область (от 11,2% до 13,3%) и Приморский край (от 9,9% до 13,2%).

Потребность организаций в работниках для замещения вакантных рабочих мест по виду экономической деятельности «добыча полезных ископаемых» по данным территориального органа федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) за последние 3 года варьирует от 400 до 1068 чел.

В регионах потребность специалистов в местных кадрах для промышленных предприятий удовлетворяется профильными образовательными учреждениями разного уровня. Например, основным учреждением подготовки кадров для отраслей экономики Республики Саха (Якутия) является Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова (СВФУ), в котором подготовка кадров по специальностям и направлениям горно-геологической отрасли осуществляется в различных структурных подразделениях: горный институт, геолого-разведочный факультет, технический институт (г. Нерюнгри), политехнический институт (г. Мирный) и Чукотский филиал (г. Анадырь).

Подготовка специалистов среднего звена для горнодобывающей промышленности осуществляют учреждения Минпрофобразования РС(Я): АУ РС(Я) «Алданский политехнический техникум» (г. Алдан); ГБОУ "Горно-геологический техникум" (п. Хандыга, Томпонский улус); АУ "Мирнинский региональный технический колледж" (г. Мирный); ГБОУ «Южно-Якутский технологический колледж» (г. Нерюнгри); ГБОУ «Нюрбинский колледж» (г. Нюрба) и ГБОУ «Профессиональное училище № 34» (п. Усть-Нера, Оймяконский улус). Выпускники образовательных учреждений республики работают в ведущих геологоразведочных и горнодобывающих предприятиях Северо-Востока России: АК «АЛРОСА», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Алмазы Анабара», ГУГПП «Якутскгеология», ОАО «Яктскгеофизика» и др. Горнодобывающие предприятия Республики Саха (Якутия) в свою очередь принимают непосредственное участие в подготовке кадров, начиная с осуществления заказа, прохождения практики и заканчивая трудоустройством.

По нашему мнению, концептуальной основой совершенствования подготовки кадров для отраслей экономики, в том числе для предприятий горно-геологической отрасли, является постоянный мониторинг рынка труда для своевременной корректировки параметров в потребности специалистов в том или ином направлении перспективного спроса потребительского рынка, организационно-структурная схема которой предусмат-

ривает активное участие в образовательный процесс участников триады, включая исполнительные органы государственной власти и бизнес-сообщества (концепция Тройной спирали). Таким образом, на основе оптимального сочетания научно-образовательного и производственного процесса возможно подготовить всесторонне развитого специалиста, отвечающего требованиям современности. Основным достоинством представляемой модели является возможность применения экономико-математических методов численного расчета для мониторинга и анализа потребительского рынка, корректировки образовательных программ на основе соответствующих статистических и иных показателей потребности в специалистах организациями отраслей реального сектора экономики [2].

Реализация предлагаемой модели подготовки кадров позволит обеспечить более быструю и гибкую адаптацию системы подготовки конкурентоспособных кадров к изменениям рынка труда не только для предприятий и организаций реального сектора экономики на локальной территории расположения ВУЗа, но и ориентирована для удовлетворения потребностей в высококвалифицированных кадрах зарубежных стран.

Литература

1. Головкин Н.В., Дегтярева В.В., Мадюкова С.А. Предпринимательский университет и теория Тройной спирали // Высшее образование в России. 2014. № 8-9. С. 46–52.
2. Егоров Н.Е., Ковров Г.С., Жебсаин В.В. Информационно-аналитическая система для стратегического управления инновационным развитием субъекта экономики // Инновации. - 2016. - № 2. - С. 108-115.
3. Ицковиц Г. Тройная спираль. Университеты – предприятия - государство. Инновации в действии. - Томск: ТУСУР, 2010.
4. Петрова Н.А. Роль государственно-частного партнерства в развитии высшего профессионального образования // Электронный научный журнал «Apriori. Серия: «Гуманитарные науки». – 2015. - № 5. - www.apriori-journal.ru.
5. Челнокова О.Ю., Фирсова А.А. Взаимодействие университета, бизнеса и государства как фактор развития региона в национальной инновационной системе // Известия Саратов. ун-та. Сер. Экономика. Управление. Право. - 2014. - Т. 14. - Вып. 1. - Ч. 1. - С. 26-32.

СЕКЦИЯ 4. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

A.I. Artyunin 1, A.V. Eliseyev 1, S.V. Eliseyev 1, N.P. Sigatchev 2
(*А.И. Артюнин 1, А.В. Елусеев 1, С.В. Елусеев 1, Н.П. Сизачев 2*)

¹ Irkutsk State University of Railway Engineering, Irkutsk, Russia.

²Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch,
Russian Academy of Sciences, Chita, Russia.

FEATURES OF INERTIAL EXCITATION OF VIBRATION TECHNOLOGICAL MACHINES (ОСОБЕННОСТИ ИНЕРЦИОННОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН)

Рассматриваются вопросы развития теории построения вибрационных технологических машин с регулируемыми параметрами и структурой вибрационного поля. Для оценки состояния вибрационного поля рабочего органа вибрационной машин в виде твердого тела на упругих опорах вводится понятие коэффициента межпарциальных связей в виде отношения амплитуд габаритных точек стенда. Предложена методика построения математических моделей вибростенда; получен ряд аналитических соотношений; проведены исследования и построены графики, характеризующие возможности изменения динамических свойств при использовании настроечных параметров. Показана возможность реализации специфических режимов работы вибростенда связанных с возможностями реализации режимов динамического гашения по двум координатам. Предлагаемые расчетные схемы ориентированы на конструктивно технические формы вибростендов с возбуждением в определенной точке рабочего органа вибрационного стенда.

T.A. Batuyev., A.D. Greshilov, Y.L. Shurigin

(Ц. А. Батыев , А. Д. Грешилов , Ю. Л. Шурыгин)

**East Siberian State University of Technology and Management,
Ulan-Ude, Russia.**

**DEVELOPMENT OF SHEET-METAL STAMPING TECHNOLOGY
FOR TITANIUM ALLOYS USING RADIATION HEATING
(РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ ТИТА-
НОВЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИАЦИОННОГО
НАГРЕВА)**

Аннотация

Статья посвящена комплексному исследованию технологии листовой штамповки титановых сплавов с применением современных методов и средств. Развитие авиационной промышленности ставит перед нами задачи повышения производительности труда, снижения себестоимости изделий, роста конкурентоспособности отечественных изделий и технологий, снижения экологической нагрузки на окружающую среду. Проблема крупносерийного производства деталей сложной формы, изготовленных из титановых сплавов, сохраняет свою актуальность на сегодняшний день. Результатами проведенной научно-исследовательской работы стали:

- совершенствование технологии листовой штамповки титановых сплавов, за счет применения метода горячего деформирования;
- исследованы и проведены эксперименты по установлению влияния на величину упругого пружинения конструкторско-технологических факторов;
- разработана, научно-обоснованная математическая модель профилирования формообразующих поверхностей разъема штампа;
- спроектирована технологическая оснастка и автоматизированное оборудование для технологии штамповки;

Внедрение технологии, автоматизированного оборудования и технологической оснастки позволит на мировом уровне изготавливать детали из титановых сплавов с заданной точностью по форме и размерам, исключив операции доводки и термокалибровки. Изготовленные детали из титановых сплавов обеспечат повышение коммерческого срока эксплуатации,

ресурса работы, межремонтного срока и снижение веса конструкций летательного аппарата.



Рис. 1. Технологический комплекс горячей листовой штамповки титановых сплавов

Литература

1. Проектирование промышленной установки радиационного нагрева и штампа с разработкой технологии противоабразивных титановых оковок: Отчет НИР (промежуточ.) от 11.12.2015г: рук. Грешилов А.Д.; исполн.: Батуев Ц.А. и др. – ВСГУТУ, 2015. - 38 с.

2. Грешилов А.Д., Шурыгин Ю.Л. Оптимизация параметров процесса гибки титановых оковок с применением радиационного нагрева // Проблемы механики современных машин. – 2012. – Т. 4 - С. 22-24

3. Грешилов А.Д., Даширабданов В.Д., Анчилов Н.Н, Попов А.Г. Тепловые деформации матрицы при штамповке титановых сплавов // Фундаментальные проблемы современного оборудования. – 2008. - №4. – С. 109-112

4. Грешилов А.Д., Лыгденов Б.Д, Мотошкин Э.Э., Гурьев А.М. Разработка технологии гибки противоабразивных оковок // Ползуновский альманах. – 2006. - №5. – С. 12-15

*K.V. Nadaraia 1,2, D.V. Mashtalyar 1,2, S.V. Gnedenkov 1,
S.L. Sinebryukhov 1, A.N. Minaev 2 (К.В. Надараиа 1,2, Д.В. Маишталяр 1,2,
С.В. Гнеденков 1, С.Л. Синебрюхов 1, А.Н. Минаев 2)*

¹**Institute of Chemistry, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, Russia**

²**Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia**

**FORMATION OF THE PROTECTIVE COMPOSITE COATINGS
ON A MAGNESIUM ALLOY USING AN AQUEOUS SUSPENSION
OF SUPERDISPERSED POLYTETRAFLUOROETHYLENE
(ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
ПОКРЫТИЙ НА МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО
ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА)**

The method of protective coatings formation on a magnesium alloy MA8 using the plasma electrolytic oxidation (PEO) and subsequent treatment in aqueous suspension of the superdispersed polytetrafluoroethylene (SPTFE) have been developed. During the study, optimum formation conditions (dispersion composition, temperature, time and multiplicity of treatment with polymer) for obtaining the highest protective properties of the composite coatings have been selected. Morphological, electrochemical and tribological studies, as well as wetting ability of the composite polymer-containing coatings have been carried out to the qualitative and quantitative evaluation of protective characteristics. The obtained results corroborated the increase of the corrosion protection and wear-resistance parameters for the composite coating in comparison with the base PEO-coating. Hydrophobic properties of coatings have been investigated by sessile drop method. Contact angle (CA) was calculated using Young-Laplace method, which takes into account the gravitational distortion of the drop contour. The highest value of contact angle was obtained for coatings with triple application in aqueous suspension of SPTFE. The developed method allows forming composite coatings on details and products with complex geometry. The fabricated composite coatings have very good prospects for using in different fields of industry, such as automobile and aircraft manufacture, electronics, medicine etc. where the combination of low specific weight and high durability of the construction is required.

A.A. Okhlopkova, T.S. Struchkova, A.P. Vasilyev, A.G. Alexeev
(*А.А. Охлопкова, Т.С. Стручкова, А.П. Васильев, А.Г. Алексеев*)

North Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

**SELECTION OF THE OPTIMAL CONTENT OF CARBON FIBER
AT POLYTETRAFLUOROETHYLENE MODIFICATION**

**(ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДНОГО
ВОЛОКНА ПРИ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА)**

В данной работе представлены результаты физико-механических и триботехнических свойств ПТФЭ и ПКМ. Показано, что модифицирование ПТФЭ+5 мас.% УВ является наиболее оптимальным количеством наполнителя, дальнейшее увеличение наполнителя отрицательно сказывается на триботехнические свойства. Введение углеродных волокон значительно улучшает износостойкость и прочность на сжатие ПКМ при сохранении коэффициента трения и физико-механических свойств на уровне исходного полимера.

S.A. Pronin, A.A. Garatshenko (С.А. Пронин, А.А. Гаращенко)

Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia

**EQUIPMENT WORKING FEATURES IN MINERAL-FILLED
CONSTRUCTION MATERIALS MANUFACTURING**

**(ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МИНЕРАЛЬНО-НАПОЛНЕННЫХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ)**

В работе представлены результаты изучения влияния конструкционных особенностей, режимов и условий работы оборудования, используемого для получения полимерных материалов при использовании в качестве сырья минерально-наполненных композиций. Показано, что существует ряд особенностей функционирования аппаратов, при переработке вязких и потенциально абразивных смесей, в составе которых входят отходы, в качестве наполнителей полимеров.

T.V. Semenistaya, A.A. Voronova, A.V. Ivanenko

(Т.В. Семенистая, А.А. Воронова, А.В. Иваненко)

**Southern Federal University, Engineering-technological Academy,
Institute of Nanotechnologies, electronics, and Equipment Engineering,
Taganrog, Russia**

**METAL-CONTAINING POLYACRYLONITRILE THIN FILMS
AS SENSING LAYER IN SEMICONDUCTOR SENSORS**

**(МЕТАЛЛ-СОДЕРЖАЩИЕ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛОВЫЕ ТОН-
КИЕ ПЛЕНКИ В КАЧЕСТВЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО СЛОЯ
В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СЕНСОРАХ)**

The gas-sensing metal-containing PAN thin films (Co, Cu, Ag, Cr, Cd) have been fabricated using pyrolysis method under the influence of incoherent IR-radiation. The thermostructured PAN thin films resistance values are $4,3 \cdot 10^3 \Omega$ to $2,0 \cdot 10^{12} \Omega$. The surface morphology of thin metal-containing PAN films showed a highly dense microstructure with the roughness surface and RMS roughness of $R_q = 6,5 \div 260$ nm.

² *I.A. Shabalin, ¹ P.S. Gordiyenko, ¹ V.A. Dostovalov, ² S.B. Bulanova,
² S.B. Yarusova, ² S.N. Somova, ² A.P. Suponina* (² *И.А. Шабалин,
¹ П.С. Гордиенко, ¹ В.А. Достовалов, ² С.Б. Буланова, ² С.Б. Ярусова,
² С.Н. Сомова, ² А.П. Супонина*)

¹ **Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia**

² **Institute of Chemistry, Far Eastern Branch, Russian Academy
of Sciences, Vladivostok, Russia**

**SORPTION PROPERTIES OF SYNTHETIC SILICATES
(СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ СИЛИКАТОВ)**

При всем разнообразии существующих сорбентов, применяемых для сорбции радиоактивных изотопов цезия, кобальта, стронция, особое место занимают природные и синтетические силикаты и композиционные сорбенты на их основе. Продолжается поиск новых путей получения синтетических силикатов с заданной структурой, составом и свойствами, исследо-

вание их сорбционных свойств, селективности и кинетических показателей. В представленной работе изложены результаты исследования, сорбционных и кинетических свойств алюмосиликата кальция, полученного в многокомпонентной системе $\text{CaCl}_2\text{--AlCl}_3\text{--KOH--SiO}_2\text{--H}_2\text{O}$, и силиката бария по отношению к ионам Sr^{2+} из водных растворов хлорида стронция и из растворов с солевым фоном, имитирующим состав воды озера – накопителя № 11 ПО «Маяк»

1 E.E. Shaliy, 1 L.V. Kim, 2 S.N. Leonovitch, 2 A.V. Stepanova

(1 E.E. Шалый, 1 Л.В. Ким, 2 С.Н. Леонович, 2 А.В. Степанова)

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

² Belarus National Technical University, Minsk, Belarus

A PROBABILISTIC MODEL FOR CALCULATING OF THE DEPTH AND SPREAD OF CHLORIDES IN CONCRETE OF HYDRAULIC STRUCTURES AT SAKHALIN ISLAND (ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ГЛУБИНЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ХЛОРИДОВ В БЕТОНЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ О. САХАЛИН)

Сахалинская область входит в климатическую зону муссонов, что определяет сезонность движения воздушных масс. Он характеризуется холодной, но более влажной и менее холодной, чем на материке зимой и прохладным дождливым летом. Особенность климата обусловлена положением области в переходной полосе от материка Евразии к Тихому океану. В течение года между Тихим океаном и восточной окраиной Евразии наблюдается интенсивный обмен воздушными массами на пути движения которых и расположен Сахалин. Сезонная смена воздушных течений определяется термический контраст между континентом и океаном. В течение года над областью проходит в среднем до 100 циклонов (по 3-6 в месяц в холодный период и до 3 – в теплый), которые сопровождаются усилением ветра, пасмурною с осадками погодою, а в конце лета и начале осени наблюдаются выходы тайфунов. Тайфуны сопровождаются штормовыми ветрами, достигающими скорости более 40 м/сек. и сильными

дождями. Нет ничего удивительного, что в таких условиях, коррозия материала гидротехнических сооружений происходит наиболее интенсивно.

*S.A. Tshegoleva, P.L. Titov, M.A. Khorin (С.А. Щеголева,
П.Л. Тумов, М.А. Хорин)*

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

**ENTROPY ASSESSMENT OF ORDER-DISORDER OF CRYSTALLINE
AND QUASICRYSTALLINE STRUCTURES IN TREE LEVEL
DIAGRAM REPRESENTATION (ЭНТРОПИЙНАЯ ОЦЕНКА
СТЕПЕНИ ПОРЯДКА-БЕСПОРЯДКА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
И КВАЗИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР
В ДРЕВЕСНО-ГРАФОВОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ)**

Решается задача идентификации характера порядка-беспорядка решеточных систем различных классов. Среди них выделяются квартетная кристаллографическая решетка, сотовая решетка и бигексагональная мозаика Дюно-Каца. Рассматривается перколяционная задача в терминах энтропийного функционала на древесных графах Кэли. Для всех систем удалось установить соответствующий класс дальнего действия. Дальний порядок этих систем характеризуется гиперболическими перколяционными энтропийными зависимостями с различными критическими индексами, не превышающими единицы.

*F.G. Unger 1,3, L.V. Tsiro 1, F.F. Sannikov 2, A.F. Unger 1, M.F. Unger 4,
A.V. Gumbin 2 (Ф.Г. Унгер 1,3, Л.В. Цыро 1, Ф.Ф. Санников 2, А.Ф. Ун-
гер 1, М.Ф. Унгер 4, А.В. Гумбин 2)*

¹**National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia**

²**Unger Technologies Co., Vladivostok, Russia**

³**Far Eastern Research, Design and Technology Institute for Construction,
Vladivostok, Russia**

⁴**University of Notre Dame, USA**

STATIC MODEL OF MOLECULAR STRUCTURE (СТАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛ)

Выявленные ошибки в существующих моделях структур молекул позволили разработать новый способ построения визуальных моделей молекулярных структур. Предлагаемый способ построения лишен многих недостатков существующих моделей, проливает свет на некоторые дискуссионные проблемы молекулярной физики и структурной химии. Приведенные примеры молекулярных схем демонстрируют разницу природы гомолитического и гетеролитического взаимодействия между атомами. Затронуты проблемы построения молекулярного водорода, сопряжения связи, водородной связи. Показано, что правильно построенная модель отвечает на многие дискуссионные вопросы, возникающие в кинетических исследованиях, при синтезе новых соединений и в коллоидной химии. Модель может быть формализована на компьютере для построения базовой модели в интересах дальнейшего расчета известными методами

*S.V. Vavrenyuk 1, V.A. Avramenko 2, V.Yu. Mayorov 1, V.G. Vavrenyuk 2
(С.В. Вавренюк 1, В.А. Авраменко 2, В.Ю. Майоров 1, В.Г. Вавренюк 2)*

¹ DalNIIS, Vladivostok, Russia, ² Far East Federal University

SOLID-PHASE MODIFICATION OF CEMENT SYSTEM BY ORGANOSILICON POLYMERS (ТВЕРДОФАЗНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЦЕМЕНТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ)

Studies of the solid-phase modification of cement systems by organosilicon polymers are presented. Modification by organosilicon polymers was performed at combined grinding of clinker and polymers. The quantity of polymers directly bonded to cement particles and peculiarities of their adsorption have been investigated. As was demonstrated on the basis of IR spectra studies, polyorganylsilsesquioxanes and polydiorganylsiloxanes participated in chemical interaction with cement systems. The structural characteristics of cement systems (specific surface area and particle size) formed upon mechanochemical modification have been studied. It has been demonstrated that mechanochemical introduction of organosilicon polymers

yields significant increase (by 30-60 %) of the resistance of concretes on their basis to freeze destruction in the process of freeze-thaw in salty solutions.

*A.M. Yegorin 1,2,3, E.A. Tokar 1,2, Y.A. Azarova 2, A.S. Portnyagin 1,2,
I.G. Taganayev 1,2, V.A. Avramenko 1,2 (A.M. Egorin 1,2,3,
Э.А. Токарь 1,2, Ю.А. Азарова 2, А.С. Портнягин 1,2, И.Г. Тананаев 1,2,
В.А. Авраменко 1,2)*

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia.

² Institute of Chemistry, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia.

³ Ozersk Technology Institute - a branch of the National Research Nuclear University "MIFI", Ozyersk, Russia.

**MNO₂ BASED SORPTION MATERIAL FOR SELECTIVE
EXTRACTION OF SODIUM (СОРБЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ
НА ОСНОВЕ MNO₂ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ
НАТРИЯ)**

Методом термической перекристаллизации получен катионит на основе MnO₂ для извлечения Na⁺ из раствора LiHCO₃. Изучены сорбционные характеристики материала, определена обменная емкость катионита в статике, которая в растворе 0.5M LiHCO₃ составляет 0.7 мг-экв/г. В динамическом режиме сорбции удается очистить более 50 колоночных объемов раствора LiHCO₃ с эффективностью извлечения Na⁺ превышающей 98%. Материал может использоваться в цикле сорбция-регенерация с применением в качестве элюента раствора HCl.

СЕКЦИЯ 5. ЭНЕРГЕТИКА

Подсекция «Электроэнергетика»

*A. Brusnitsyn, V. Zhuravlev, L. Osika (А.Н. Брусницын,
В.С. Журавлев, Л.К. Осика)*

Фонд «Энергия без границ», Москва

THE PROBLEMS CONSIDERING THE PECULIARITIES OF COAL-FIRED PLANTS IN THE PLANNING OF THE DEVELOPMENT OF UES IN RUSSIA (О ПРОБЛЕМАХ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ УГОЛЬНЫХ ТЭС ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЕЭС РОССИИ)

В настоящее время в качестве основной официальной концепции принято, что ЕЭС России будет развиваться как интеллектуальная энергетическая система с активно-адаптивной сетью (ИЭС с ААС). При этом в исследованиях и публичных выступлениях, как правило, делается акцент на малую распределенную генерацию (включая генерацию на основе ВИЭ), накопители электроэнергии и элементы на основе силовой электроники, объединенные в «умную» (интеллектуальную) электрическую сеть (Smart Grid).

Главные особенности структуры и типов генерирующих мощностей в составе ЕЭС на достаточно далекую перспективу определяются доступностью органического топлива, разумной политикой использования атомной энергии и большим объемом сосредоточенных гидроресурсов. Несмотря на усилия сторонников массового внедрения ВИЭ и малой распределенной генерации, в России, по крайней мере, до конца XXI века, основой электроэнергетики будут мощные АЭС, ТЭС, ГЭС, связанные друг с другом высоковольтным технологическим комплексом единой национальной электрической сети.

Среди мощных ТЭС, интегрированных в ЕЭС в зонах централизованного и децентрализованного электроснабжения, особое место будет принадлежать угольным конденсационным электростанциям и ТЭЦ. Необходимость их развития в части нового строительства диктуется хорошо известными причинами: большими запасами энергетических углей широкого спектра марок; неизбежным удорожанием добычи и транспортировки природного газа; экономическими и экологическими рисками строительства и эксплуатации АЭС; крайне неравномерным размещением

гидроресурсов на территории страны; возможностью накопления та этих станциях топлива в достаточно больших объемах, что ведет к снижению рисков при разрывах логистических цепочек и тем самым повышает энергобезопасность на региональном уровне.

В то же время следует признать, что при выборе площадок новых мощных угольных ТЭС (а в современных российских условиях экономически оправдано лишь строительство станций с энергоблоками более 600 МВт), на первое место выйдут экологические аспекты. Учитывая, что транспортировка угля на большие расстояния оказывает тяжелое негативное воздействие на окружающую среду – как прямое, так и опосредованное, а размещение угольных ТЭС даже средней мощности вблизи городских агломераций (не говоря уже о новом строительстве ТЭЦ в границах городов) недопустимо по условиям современного представления о комфорте жизненного пространства, можно сделать достаточно обоснованный прогноз: строительство мощной угольной генерации будет осуществляться вблизи мест добычи (и переработки) топлива или в разумной близости от них.

Такое размещение накладывает особые требования к схемам выдачи мощности станций, что, в ряде случаев, приведет к хорошо известным из практики 50 – 60 гг. прошлого века примерам работы генерирующих источников (в основном, ГЭС) на длинные линии электропередачи. При этом с учетом прогресса в области силовой электротехники, технических и программных средств управления сетевыми элементами и станциями, многие «старые» проблемы будут решены приемлемыми по экономическим соображениям способами.

При проектировании развития ЕЭС следует принимать во внимание также режимные особенности угольных ТЭС, проявляющиеся на электрическом «интерфейсе» с электросетевым комплексом: пониженная маневренность и худшая управляемость по сравнению с ПГУ, иные требования к наблюдаемости и критериям оптимального управления. Мощные угольные станции оказывают существенное влияние на региональное диспетчерское управление в части планирования и исполнения диспетчерских графиков, ремонтную программу. Их электрическая часть, начиная с генераторов, должна выполняться так, чтобы были учтены и интересы потребителей региона, энергосистемы, и интересы собственника при работе ТЭС на рынках электроэнергии (мощности) и тепловой энергии (мощности).

A. F. Burkov (А.Ф. Бурков)

FEFU, Vladivostok

**THE ORIGINS OF THE DEVELOPMENT OF ELECTRICAL
ENGINEERING (ИСТОКИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ)**

Abstract

To date information about studies of magnetic and electrical phenomena at an early stage of development of electrical engineering seems do not coherent, are fragmentary and ambiguous. In this work a partially filled gap on the subject. The subject of this paper is to examine issues related to the major discoveries and research in the field of magnetism and electricity at the initial stage of development of electrical engineering.

Keywords: magnetism, electricity, electrostatics, sources of electrical energy, battery cells, electrical engineering

1. Introduction

In the process of historical development the level of scientific and technical condition at a certain stage depends on the general development of society, the degree of cognition of laws of nature, from the ability to use them in practice.

Of particular interest is the emergence of knowledge on magnetism and electricity, based on observations of natural phenomena due to, primarily, natural magnetism and static electricity.

2. Research

According to the legends that have come down to modern times, about electrical phenomena spoke one of the first the founder of ancient philosophy and science, ancient Greek philosopher Thales from Miletus. In his message, the piece of amber, rubbed with fur or wool, at a distance of a few centimeters attracts downs, straws, etc. Thales argued that the magnet has soul because it moves iron. Mention of magnetic phenomena, according to available information, found in the distant past. The Chinese and later the people of the Mediterranean, was known ore, which had the ability to attract metal objects.

The first theory of magnetic phenomena belongs to the English physicist W. Gilbert. Along with our own set of experiences, he reproduced and

described to the main prior experiments to check their validity. In 1600 Gilbert published the first scientific treatise on magnetism "Of the magnet, magnetic bodies and the big magnet – the Earth", in which he argued that the Earth is a big magnet. W. Gilbert first coined the term "electricity".

The French naturalist C.F. Du Fay in 1733, repeating experiments of Gray, created the first theory of electrical phenomena. Du Fay divided electricity by "glass" and "resin".

In 1750, B. Franklin invented the lightning rod. He established the identity between atmospheric electricity and electricity generated through friction, and also proved the electrical nature of lightning. Franklin introduced the designation electrically charged states "plus" and "minus".

A special place is occupied by the results of observations of atmospheric electricity produced by Russian scientist M.V. Lomonosov. Independently Lomonosov made an important discovery, consisting in the fact that "thunder machine" (the ancestor of lightning rods) can show the presence of electricity in the atmosphere at a time when there are no thunderstorms. To 1756, contrary to popular opinion that electric force is a liquid, M. Lomonosov argued that electric power is action. He did attempted to give the ether theory of electricity, suggested the idea about link of electricity and light, on the electrical nature of the Aurora Borealis.

Based on the ideas of B. Franklin and I. Newton, Russian physicist F.U.T. Aepinus developed the theory of magnetic and electric phenomena, emphasizing their similarities. In 1759 Aepinus in the fundamental work "Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi" for the first time explained the phenomenon of electrostatic induction and polarization. According to many scientists, this work ushered in a new era in the history of theoretical studies of electricity and magnetism.

In 1775 Italian physiologist and physicist A. Volta created a source of electrical energy, based on the idea of Aepinus. The principle of operation of electrophor machine of Volta was based on the phenomenon of electrification by means of induction. Volta said: my machine gives the ability to get electricity in all weather, and produces an effect more excellent than the best of disk and ball machines. In 1799 A. Volta, not understanding the true causes of electrical current, has created an electrochemical source of direct electric current – "voltaic pile".

Classic of Marxism-Leninism F. Engels noted that the discovery of the galvanic current has at least the same importance as the discovery of oxygen chemistry.

3. Conclusion

1. On a historical stage, which investigated in the paper, the phenomena of nature were incomprehensible even most advanced thinkers of that time and was explained ambiguously and sometimes contradictory. Natural phenomena were used, as a rule, spontaneously. Ancient science and technology, including in the area of electrical engineering, despite the presence of some brilliant discoveries, was speculative, fragmentary and contradictory and intertwined with fantastic views.

2. At this time, advanced thinkers have developed the basic views on the relationship of natural phenomena. There was the first understanding of magnetic and electric phenomena. The historical period may be considered the first stage of discoveries and researches in the field of electrical engineering.

3. Many scientific achievements and discoveries of that time had been the property of a limited circle of scientists and inventors in a number of reasons, including different languages, the presentation of the material in the primary sources. As a result of insufficient mutual awareness of the authors independently from each other, repeated investigations in different degree of their similarity, the opening is sometimes re-opened, sometimes after a long period of time.

References

1. Burkov, A.F., Main discoveries and research in the field of magnetism, electricity, mathematics and mechanics until the end of the XVII century, Maritime state University named after admiral G.I. Nevelskoy: Vladivostok, 68 p., 2007.

2. Aristotle, The compositions in four volumes, Vol. 1, Metaphysics, ed. by V.F. Asmus, Mysl: Moscow, 558 p., 1975.

3. Dictionary of foreign words, ed. by I.V. Lehin & F.N. Petrov, State publishing house of foreign and national dictionaries: Moscow, 856 p., 1955.

4. Virginsky, V.S. & Khotenkov, V.F., Essays of the history of science and technology from ancient times to the middle of the XV century, Education: Moscow, 288 p., 1993.

5. Veselovsky, O.N. & Shneiberg, I.A., Energy technology and its development, Higher school: Moscow, 304 p., 1976.
6. Magnetism, electricity, galvanism, induction, without authors, without place of publication, 196 p., 1908. ?
7. Great Soviet encyclopedia, Vol. 20, Soviet encyclopedia: Moscow, 608 p., 1975.
8. Ivanov, B.I., Vishnevetsky L.M., Levin L.G., The history of electrical engineering in Saint-Petersburg, Nauka: Saint-Petersburg, 208 p., 2001.
9. Kirillin, V.A., Pages of history of science and technology, Nauka: Moscow, 512 p., 1986.
10. Danilevsky, V.V., Russian technology, Lenizdat: Leningrad, 548 p., 1949.
11. Gordin, V.M., Essays on the history of geomagnetic measurements, Institute of Earth physics named after. O.Y. Schmidt: Moscow, 162 p., 2004.
12. Great Soviet encyclopedia, Vol. 15, Soviet encyclopedia: Moscow, 632 p., 1974.
13. Mathematical encyclopedic dictionary, ed. by Y.V. Prokhorov, Soviet encyclopedia: Moscow, 848 p., 1988.
14. Mytnik, N.A., A brief history of the ship of science, Publishing house of Far Eastern University: Vladivostok, 197 p., 2004.
15. Nosovsky, G.V., Empire, www.chronologia.org/Reconstr/Reconstr
16. Kudryavtsev, P.S., History of physics, Vol. 1, From ancient science to Mendeleev, ed. by A.K. Timiryazev, State education-pedagogical publisher of Ministry of education of the Russia: Moscow, 536 p., 1948.
17. Chatelen, M.A., Russian electrical engineering XIX century, Gosenergoizdat: Moscow and Leningrad, 432 p., 1955.
18. Kudryavtsev, P.S., A course of history of physics, Prosveshchenie: Moscow, 448 p., 1982.
19. Burkov, A.F., History of domestic marine drives, Far-Eastern state technical fisheries University: Vladivostok, 380 p., 2008.
20. Burkov, A.F., The history of electrical engineering until the late nineteenth century. Electrical machines, Maritime state University named after admiral G.I. Nevelskoy: Vladivostok, 154 p., 2006.
21. Khramov, Yu.A., Physicists: a biographical reference book, Nauka: Moscow, 400 p., 1983.

22. Dorfman, Ya.G., An outstanding Russian physicist G.W. Richman and his role in the history of the science of electricity, *Electricity*, 8, pp. 61-67, 1953.
23. Semenov, A., The first experiments on the transmission of electricity at a distance, www.computer-museum.ru/connect/histelec
24. Dyatchin, N.I. The history of technology development, Phoenix: Rostov-on-Don, 320 p., 2001.
25. Radovsky, M.I. Benjamin Franklin. 1706-1790, Nauka: Leningrad and Moscow, 306 p., 1965.
26. Belkind, L.D., Aleksandrov, A.G., etc., The history of energy technology of the USSR, Vol. 2, Electrical engineering, Gosenergoizdat: Moscow and Leningrad, 728 p., 1957.
27. Aepinus, F.U.T., Theory of electricity and magnetism, ed. Y.G. Dorfman, The first printing house of the Publishing house of the academy of sciences of the USSR: Leningrad, 564 p., 1951.
28. Home, R.W., Aepinus, the tourmaline crystal, and the theory of electricity and magnetism, *Iris.*, Vol. 67, 236, pp. 21-30, 1976.
29. Euler, L., Letters about different physical and philosophical matters, written to a German princess, from French into Russian translated by Stepan Rumovsky, Academy of sciences member, astronomer and professor, in 3 parts, At the Imperial Academy of sciences: Saint-Petersburg, 1768-1774.
30. Lvov, L.A., Chemical current sources, *Soros educational journal*, 4, pp. 45-49, 1998.
31. Yarotsky, A.V., Boris Semenovich Jacobi. 1801-1874, Nauka: Moscow, 240 p., 1988.
32. Great Soviet encyclopedia, Vol. 30, Soviet encyclopedia: Moscow, 632 p., 1978.
33. Engels, F., Dialectics of nature. Electricity, Politizdat: Moscow, 360 p., 1982.

*N.I. Voropai, D.N. Efimov, D.A. Panasetsky (Н.И. Воронай,
Д.Н. Ефимов, Д.А. Панасецкий)*

**Energy Systems Institute, Siberian Branch of Russian Academy
of Sciences, Irkutsk**

**TODAY'S REQUIREMENTS TO LOAD SHEDDING SCHEMES
AGAINST CASCADING OUTAGES IN ELECTRIC POWER
SYSTEMS (СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗАГРУЗОЧНЫМ
СХЕМАМ ПРЕПЯТСТВУЮЩИМ КАСКАДНЫМ СБОЯМ
В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ)**

Аннотация

Представлены тезисы статьи, посвященной российскому опыту противоаварийного управления электроэнергетическими системами с акцентом на особенности распределенной адаптивной автоматики. В статье анализируется место, роль и специфика отключения электрической нагрузки как противоаварийного мероприятия, а также систем противоаварийной автоматики, использующих отключение нагрузки в качестве управляющего воздействия. Особое внимание уделено специальной автоматике отключения нагрузки, ее роли в предотвращении каскадного развития аварии и перспективам ее развития как разукрупненной, распределенной и адаптивной автоматики. На этой основе сформулированы требования к принципам и алгоритмам действия такой автоматики применительно к сохранению устойчивости и ликвидации перегрузок по току элементов электрической сети.

Main functions of emergency control of electric power system (EPS) and corresponding types of the emergency control automations may be classified as follows: (i) Prevention of stability violation (this is the function of centralized automatic stability control system); (ii) Elimination of out-of-step conditions; (iii) Limitation of frequency decrease or increase; (iv) Limitation of voltage decrease or increase; (v) Prevention of inadmissible overloads of equipment.

Applied control actions are mainly the following: (i) Long-term unloading of thermal and nuclear power plants turbines, and short-term (impulse) unloading of thermal turbines; (ii) Generation loading and generation rejection; (iii) Load shedding; (iv) Controlled opening the transmission lines (sometimes down to islanding the EPS); (v) Dynamic braking the generators; (vi) Change of

network topology; (vii) Fast change of HVDC components capacity, (viii) Automatic shunts switching.

The operation of emergency control devices can be triggered by the factors enumerated in Table 1.

Table 1

Triggering factors

Triggering factors	Comments
1) The value of a controlled state variable is beyond a set value	This is the way how autonomous control systems work
2) Disconnection of a line, a transformer or a generator	This is the way how individual special types of automation work
3) An instruction of a higher-level emergency control system	This is the way how local devices of the automatic stability control work

The so-called special load shedding scheme (SLSS) occupies a special place in the structure of emergency control. It aims at limiting or eliminating the network component overload, and, as a result, at maintaining it in operation, which is naturally more preferable for the system than loss of the component. The SLSS function is implemented through generation of a control action disconnecting some amount of load at a receiving end of a transmission line or (more rarely) – some generation at a supplying end. Normally, the loads controlled by SLSS include concentrated energy intensive consumers, whose production process and degree of significance allows a sudden interruption in supply for a time sufficient for the power system to take immediate measures to mobilize the generation capacity reserves or impose limitations on the other consumers.

Load shedding is the most effective control action (it is used virtually by all types of emergency control automations, listed above). Therefore, it seems logical to make load shedding scheme universal, i.e. assign it with the functions of not only eliminating the overload of the network components but also maintaining the transient stability. In this case, the amount of load to be disconnected:

- to provide stability – is to be specified on a central basis from the upper-level automatic stability control devices (the third factor in Table 1),
- to prevent overcurrent in the network components – is to be determined by the intelligent load shedding scheme devices.

At the same time the optimal composition of disconnected loads is to be determined by SLSS in both cases, according to the current topology and operating conditions.

Most of the difficulties in EPS operation are caused by electrical grid overloads. Load shedding in the receiving subsystem is the most efficient action among the remedies against overload. Figure 1 represents an overload (a) of transmission line and ways of its unloading (b) and (c).

From technical point of view, the easiest way of emergency load shedding is a piecemeal disconnection of large industrial consumers, which are connected with the power system in high voltages, see Figure 1(b). It is the usual present practice. At the same time the economic damages caused by such kind of disconnections can be considerable (for example, the loss of profit due to technological cycle interruption). The compensation of the potential damages (for example, with preferential prices of electricity for consumer which agree to emergency limitation of electricity supply) could be very unprofitable for power system. Coming from these considerations an alternate load shedding scheme can be proposed as a combination of disconnections either large or small (in prospect down to voltage level of 0.4 kV) consumers – it means disaggregation and distribution of load shedding automation, see Figure 1(c). Technically it is more difficult than disconnection of large consumers, but present state of automation and data transmission systems makes it feasible.

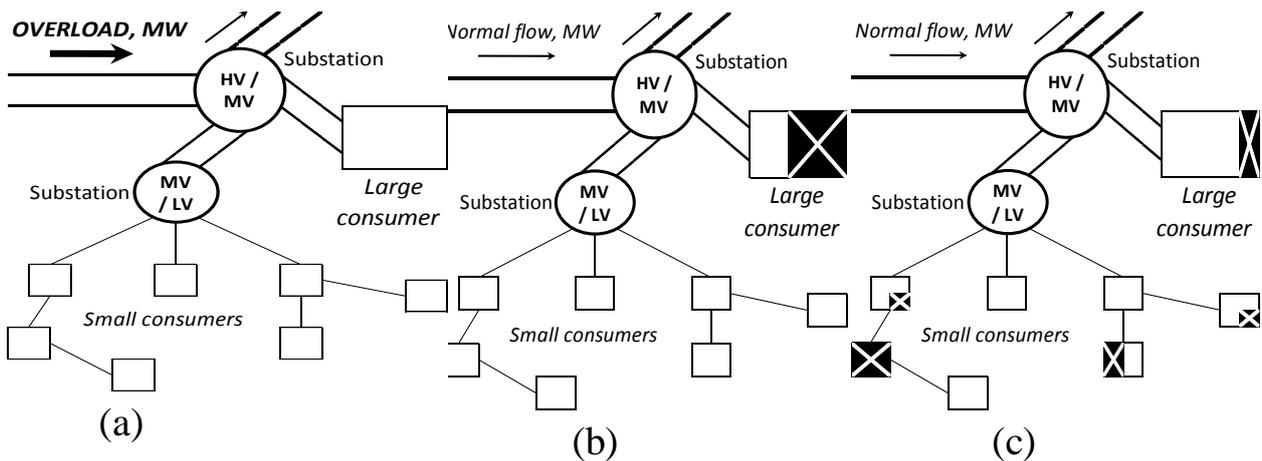


Fig. 1. Possible control actions against overload of the line. Emergency situation – overload of the main line (a); Conventional control action – a large load partial shedding (b); Alternate control action – distributed load shedding (c).

The advantages of small loads emergency disconnections are much smaller total damage, and ability of more accurate dosing the disconnections (if the large consumers are disconnected then the surplus load disconnection is practically imminent).

However, in the case of small loads shedding the problem of optimal choice of amount, composition and order of priorities of load to be shed is to be posed and solved. Besides, with such a disaggregation of SLSS stages and transfer of control actions to the distribution network:

- Rapid and hard foreseeable change of composition of the loads, which are available to disconnect, requires developed algorithms to be adaptive – i.e. be able to tune to the permanently changing topology and operation conditions.

- Distribution network undergoes overloads much more frequently than transmission network. For distribution lines the overloads with a current are crucial. They can be caused with redistribution of power flows as a sequel among others of load shedding. Such overcurrents also are to be removed with distributed automation in the framework of unified algorithm, which chooses amount, composition and order of priorities of load to be shed.

- Delay in the automatic emergency control action depends on applied triggering factor (see Table 1). Besides the additional delays appear while the action is realized in distribution network. Hence there are to be assessed either the criticality of load shedding delays for goals of emergency control or the extent of the control necessary decentralization.

Basing on those considerations the principles and algorithms of distributed adaptive load shedding against stability loss of the ties of main network and overcurrents of controlled subsystem lines are to be developed. Load shedding scheme is addressed, depending on appeared emergency situation, to provision of stability of the ties of main network or thermal stability, and stability of loads of controlled subsystem. Coming from the tasks to be fulfilled, the load shedding algorithms should be subdivided as follows:

1. **Algorithms addressed to providing the stability of the ties of main network.** These algorithms are to operate with the close interaction with the centralized automatic stability control system. The automation operation under those conditions consists in the procedure of choice and consequent disconnection of required amount of the load. If the necessary amount of the load to be shed could not be collected from small consumers then load of large consumers be partially shed. To minimize the shedding, the

more precise balancing is needed by means, among others, further splitting the steps of large consumers disconnection.

2. Algorithms preventing the overload with the current of controlled subsystem lines. These algorithms are to provide an optimal amount of load shedding, i.e. to minimize the cost of unloading the overloaded transmission line. The automation is to operate as an intellectual emergency control system providing the fast disconnection of the consumer's load in a minimal necessary amount to prevent the equipment overload.

Coming from above analysis, the requirements to load shedding algorithms can be summarized as in Table 2.

Table 2

Summary of requirements to load shedding algorithms

Requirements	Comments
1. Keeping the balance between complexity and simplicity of implementation	<ul style="list-style-type: none"> • On the one hand, the algorithms are to be complex enough to provide an acceptable level of control action precision. • On the other hand, they are to be simple enough to provide an acceptable speed of calculations.
2. Provision a high level of fault tolerance	The algorithms do not fail in the case of uncritical loss of information. Should the loss of information be critical, the algorithms either implement the excessive control actions, or delegate control to a power system operator with information about its failure.
3. High speed diagnostic self-testing	The possibility of implementing an effective self-testing procedure is related directly to the requirement of maximal simplification of the algorithms.

*M. Garifullin, V. Kozlov, A. Gerasimenko (И.М.Ш.Гарифуллин,
И.В.К. Козлов, А.В. Герасименко)*

¹Kazan State Power Engineering University, Kazan

²FEFU, Vladivostok

**INFLUENCE OF PRODUCTION TECHNOLOGY
AND PETROLEUM FEEDSTOCK SOURCE ON OPTICAL
CHARACTERISTICS OF TRANSFORMER OILS (ВЛИЯНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ИСХОДНОГО НЕФТЯНОГО
СЫРЬЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ)**

Аннотация

Проведено исследование оптических спектров пропускания трансформаторных минеральных масел в диапазоне 300-1000 нм на примере марок ГК, ВГ, Nytro, Т-1500 и ТКп. Показано, что оптические характеристики масел полностью отражают особенности их химического состава, обусловленные как технологией производства, так и исходным нефтяным сырьем. Продемонстрирована возможность экспресс-анализа по идентификации залитого в оборудование масла, а также контролю его качества.

В настоящее время в маслonaполненном электрооборудовании России используется широкий ассортимент отечественных, а также зарубежных минеральных трансформаторных масел. Исходным сырьем для производства этих масел является соответствующая нефтяная фракция. Согласно РД 34.45-51.300-97, нормируемые показатели качества масел зависят от марки масла [1]. Дифференцированный подход к минеральным маслам обусловлен тем, что в зависимости от происхождения нефти (место и год добычи), а также технологии производства, физико-химические свойства масел могут существенно отличаться, что скажется на их эксплуатационных свойствах.

На практике встречаются ситуации, когда марка масла в оборудовании не известна, либо, что более часто, в оборудовании находится смесь масел. При этом на основе стандартных (нормированных) исследований достаточно сложно произвести объективную оценку качества масла, а также спрогнозировать его эксплуатационные свойства. В этих условиях можно ориентироваться на структурно-групповой состав масла. Эффек-

тивным инструментом исследования структурно-группового состава является спектральный анализ в ИК области в сочетании с УФ-флуориметрией, однако практическая реализация этих методов подразумевает использование дорогих лабораторных спектрофотометров.

В настоящее время при исследовании химических свойств различных веществ все шире применяется спектральный диапазон 300 – 1000 нм, в который входят ближняя УФ, видимая и ближняя ИК области спектра. Основными достоинствами использования данного диапазона является низкая стоимость оборудования, удобство проведения экспресс-анализа, а также относительная простота технической реализации on-line мониторинга.

В данной работе представлены результаты сравнения оптических свойств различных марок минеральных масел в указанном спектральном диапазоне применительно к наиболее широко используемым в российских энергосистемах трансформаторным маслам: ТКп, Т-1500, ВГ и ГК, а также Шведское масло марки Nytro. Спектры пропускания получены с помощью спектрофотометра СФ-56. Длина оптического пути (толщина кюветы) составляла 50 мм. Спектральное разрешение 1 нм. Масла взяты в ОАО «Сетевая Компания» (г. Казань).

Масло ГК производится в основном из западносибирских сернистых парафинистых нефтей с применением процесса гидрокрекинга и каталитической депарафинизации. Масло ВГ также получают с помощью гидрогенизационных процессов, но при более низких давлениях водорода. На рис. 1 приведены спектры пропускания τ масел ВГ и ГК.

Коротковолновая граница пропускания масел ВГ и ГК находится в районе 400 нм, что свидетельствует о наличии ароматической фракции в обеих марках масла [2], причем в ВГ содержание ароматики ниже, поскольку область пропускания для него начинается с меньших длин волн. В спектре выделяется характерная полоса поглощения в области 900 – 950 нм, которую образуют две перекрывающиеся полосы поглощения метильных ($-\text{CH}_3$, пик около 913 нм) и метиленовых ($-\text{CH}_2-$, 930 нм) групп. В зависимости от содержания в масле нафтеновых и парафиновых углеводородов соотношение интенсивностей этих полос поглощения меняется. Это находит отражение в форме результирующей полосы поглощения. В маслах ГК и ВГ плечо метиленовых групп в районе 930 нм выделено сильнее, что свидетельствует о достаточно высоком содержании в этих маслах парафиновых соединений.

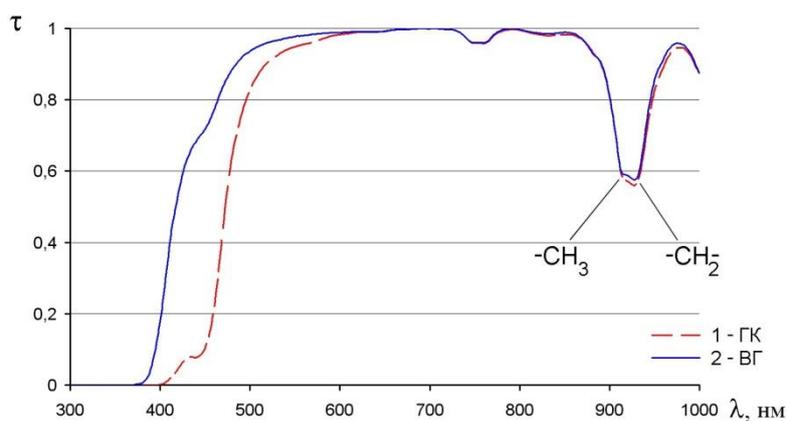


Рис. 1. Спектры пропускания масел ВГ и ГК

Шведские трансформаторные масла Nyrto производят из венесуэльских нафтенных нефтей, содержащих мало парафинов. Технология производства та же – гидроочистка. На рис. 2 приведен его спектр пропускания. Граница спектра пропускания масла Nyrto начинается с тех же длин волн, что и у масла марки ГК. Характерным отличием является более высокая интенсивность полосы поглощения $-\text{CH}_3$ групп. Такая особенность обусловлена низким содержанием парафинов в используемой для производства масла нефти.

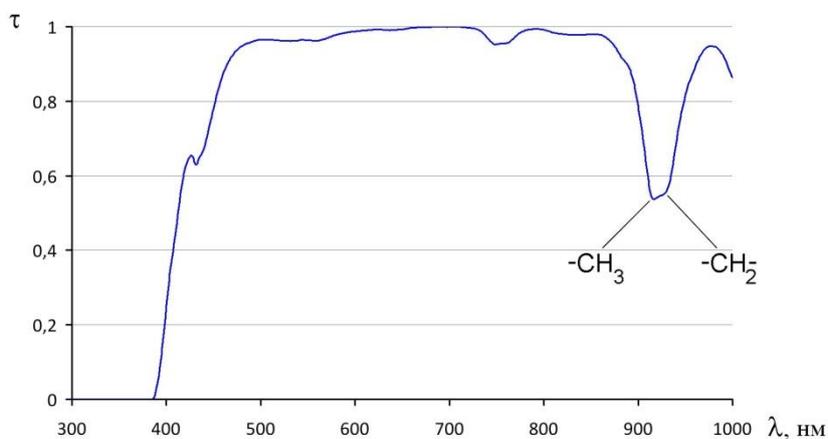


Рис. 2 Спектр пропускания масла Nyrto

При производстве масла Т-1500 применяется технология селективной очистки. Как видно из приведенных на рис. 3 спектров пропускания этих масел, коротковолновая граница пропускания сдвинута в сторону больших длин волн, нежели у рассмотренных выше масел. Это соответствует тому, что селективная очистка недостаточно хорошо очищает масла от ароматических соединений. По соотношению интенсивностей полос поглощения метильных и метиленовых групп Т-1500 ближе к маслу Nyrto, нежели к ГК и ВГ.

При производстве масла марки ТКп используется кислотно-щелочная очистка и контактная доочистка. Недостатки устаревшей технологии проявляются на спектре пропускания этого масла – рис. 4. Граница пропускания масла начинается с длины волны 470 нм, что свидетельствует о высоком содержании в масле ароматических соединений.

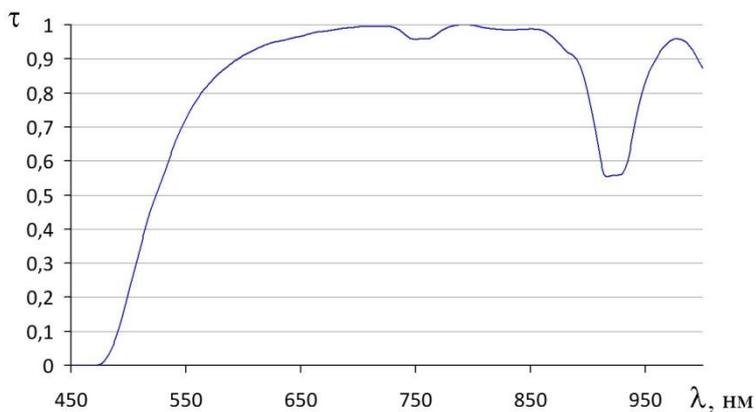


Рис. 3. Спектр пропускания масел типа Т-1500

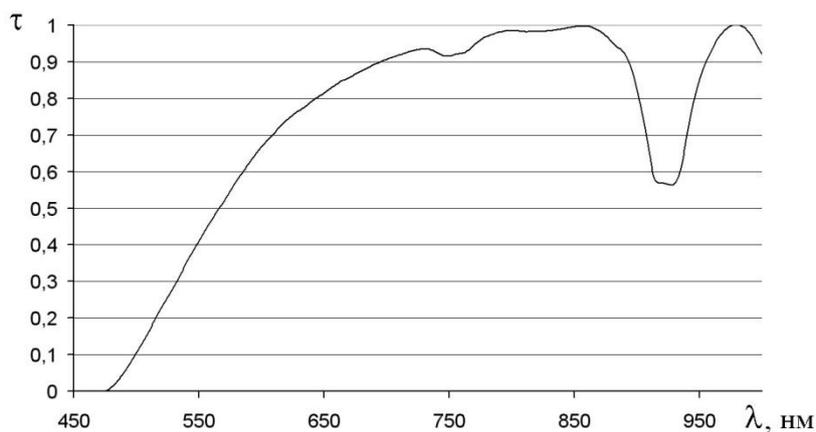


Рис. 4. Спектр пропускания масла ТКп

По сравнению со спектрами пропускания масел ВГ, ГК и Т-1500, в коротковолновой области кривая пропускания масла ТКп имеет более пологий подъем («завал» спектра), что обусловлено молекулярным поглощением полиароматическими соединениями, а также рассеянием излучения на дисперсной фазе, которую формируют ассоциаты асфальтенов [3] и продукты окисления масла [2, 4, 5]. По форме полосы поглощения в районе 900 – 950 нм масло ТКп располагается между ГК и Т-1500.

Таким образом, исследования спектров пропускания минеральных трансформаторных масел в области 300-1000 нм позволяют выявить характерные особенности их химического состава, а также идентифицировать марку масел.

Литература

1. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования / Под общ. ред. Б.А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
2. Шкаликов А.В., Юшкова Е.А., Гафиятуллин Л.Г., Осин Ю.Н., Туранова О.А., Козлов В.К., Туранов А.Н. О рассеянии света в трансформаторном масле // Оптика и спектроскопия. – 2011. – Т. 110, № 5 С. 768-772.
3. Mullins O.C. The Modified Yen Model // Energy & Fuels, 2010, 24 (4). P. 2179-2207.
4. Гарифуллин М.Ш. Диагностические исследования изоляционных масел различными методами оптической спектроскопии // Энергетика Татарстана. – 2013. – № 1. – С. 53-59.
5. Гарифуллин М.Ш. Использование методов оптической спектроскопии для диагностики минеральных изоляционных масел // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10. – С. 3299-3304.

*1 V.A. Gerasimov, 1 A.Y. Filozhenko, 2 M.V. Kraskovsky,
2 G.E. Kuvshinov (B.A. Герасимов, А.Ю. Филоженко,
М.В. Красковский, Г.Е. Кувшинов)*

¹ **Institute of Marine Technology Problems FEB RAS, Vladivostok**

²**FEFU, Vladivostok**

UNLOADING TRANSISTORS OF AUTONOMOUS VOLTAGE INVERTER (РАЗГРУЗКА ТРАНЗИСТОРОВ АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ)

Аннотация.

В докладе рассматривается одно из возможных решений, обеспечивающее разгрузку силовых ключей (транзисторов) автономного инвертора напряжения (АИН) в структуре энергообеспечения автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА). Введение последовательной резонансной цепи, подключённой параллельно первичной обмотке высокочастотного трансформатора и состоящей из ёмкостного и индуктивного элементов, позволяет уменьшить ток автономного инвертора напряжения

примерно в три раза и, кроме того, происходит увеличение КПД системы энергообеспечения АНПА. Это решение позволяет использовать силовые элементы инвертора с меньшими массогабаритными и стоимостными показателями.

Известны два способа передачи электроэнергии для заряда аккумуляторных батарей автономного подводного аппарата: контактный и бесконтактный. Контактный способ передачи электроэнергии представляет собой соединение электрических линий с помощью электросоединителей (разъёмов). К преимуществам такого способа передачи электроэнергии можно отнести то, что нет необходимости в использовании дополнительных элементов, усложняющих структуру цепи энергообеспечения, и простоту его реализации. Наряду с преимуществами контактного способа передачи электроэнергии у него есть недостаток – плохая защищённость от пыли и влаги соединительных контактов разъёмов передающего и принимающего устройств. Кроме того, передача электроэнергии на подводный аппарат таким способом в погружном его состоянии затруднена или вовсе невозможна[1].

При бесконтактном способе передачи, электроэнергия передаётся только за счёт явления электромагнитной индукции. Такой способ передачи энергии обуславливает применение автономного инвертора напряжения (АИН) в системе энергообеспечения АНПА, что, безусловно, усложняет её структуру. Наряду с таким недостатком применение бесконтактного способа передачи энергии позволяет автоматизировать технологический процесс, связанный с зарядом аппарата под водой [2]. Структурная схема системы передачи электроэнергии бесконтактным способом показана на рисунке 1.

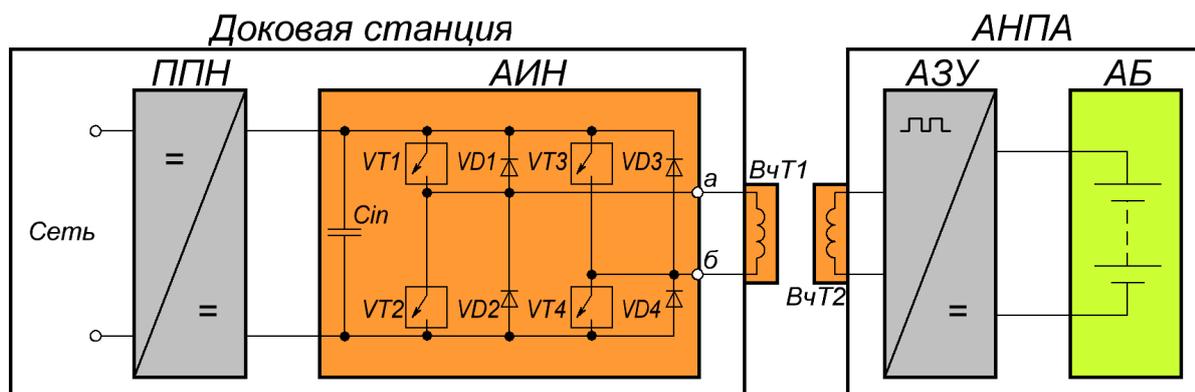


Рис. 1. Структурная электрическая схема системы бесконтактной передачи электроэнергии

В такую структуру входят первичный преобразователь напряжения (ППН), получающий питание от сети доковой станции. Следующее функциональное звено схемы представлено автономным инвертором напряжения (АИН) с входным конденсатором C_{IN} , необходимым для защиты инвертора от перенапряжений, которые возникают при отсутствии этого конденсатора во время коммутации транзисторов АИН. На выходе АИН включён высокочастотный трансформатор (ВчТ) с разделёнными первичной (ВчТ1) и вторичной (ВчТ2) обмотками. Автоматическое зарядное устройство (АЗУ), включённое на выходе ВчТ, обеспечивает заряд аккумуляторной батареи (АБ). Преобразователь ППН, АИН с входным конденсатором и ВчТ1 расположены на доковой станции; ВчТ2, АЗУ и АБ – на АНПА.

Для уменьшения массы обмоток ВчТ и упрощения технологии их изготовления обмотки ВчТ выполняются в виде круговых плоских катушек. Улучшение передачи электроэнергии от ВчТ1 к ВчТ2 достигается следующими особенностями их взаимного расположения. Во-первых, они образуют коаксиальную пару. Во-вторых, расстояние между ними должно быть, по возможности, минимальным, с учётом конструктивных особенностей немагнитных оболочек, в которых они расположены.

Одна из возможных реализаций высокочастотного трансформатора с разнесёнными обмотками представлена на рисунке 2.

Наличие немагнитного зазора при передаче электроэнергии между первичной и вторичной обмотками трансформатора обуславливает увеличенный ток первичной обмотки трансформатора, который также является током инвертора и вызывает повышенные тепловые потери на его силовых ключах. Исследования показали, что введение последовательной резонансной цепи, подключённой параллельно зажимам первичной обмотки трансформатора (между точками *a* и *b* на рисунке 1), позволяет снизить ток АИН примерно в три раза [3]. Анализ проводился в компьютерной программе Micro-Cap для режимов холостого хода и короткого замыкания вторичной обмотки трансформатора. На рисунке 3 представлены осциллограммы для режима короткого замыкания.

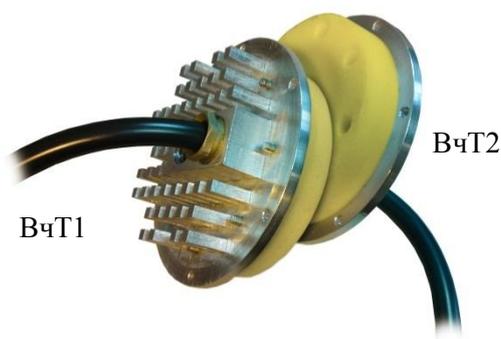


Рис. 2. Внешний вид трансформатора в системе бесконтактной передачи электроэнергии

Анализ осциллограмм показывает, что в результате применения резонансной цепи ток ВЧТ1 I_{IK} остаётся неизменным, в то время как ток автономного инвертора I_{VC} снизился примерно в три раза относительно исходного варианта.

На рисунке 4 представлены осциллограммы сигналов в системе для режима холостого хода при включении АИН с последовательной резонансной цепью.

*V. Didov, V. Sergeev, M. Khalchenko (В.В. Дудов,
В.Д. Сергеев, М.А. Халченко)*

FEFU, Vladivostok

**VENTILATION AND HEATING OF THE SYNCHRONOUS
MAGNETOELECTRIC GENERATOR (ВЕНТИЛЯЦИЯ
И НАГРЕВ СИНХРОННОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ГЕНЕРАТОРА)**

Аннотация

Рассматривается вентиляция и нагрев компактного высокоскоростного синхронного генератора с возбуждением от фенеборовых постоянных магнитов. Предложена независимая симметричная эффективная многоструйная вытяжная радиально-осевая вентиляция обмотки и сердечника статора электромашин. Получены картины распределения воздушных потоков в каналах системы охлаждения и температур охлаждающего воздуха, обмотки и сердечника статора. Исследование выполнено с использованием метода конечных элементов.

Конструкция, размеры и технические данные оригинального генератора приведены в докладе [1]. Полость корпуса генератора выполнена с возможностью подвода в нее охлаждающего газа и отвода последнего после нагрева в электромашине, для чего предусмотрены продольные каналы в корпусе, радиальные вентиляционные каналы, выполненные между пакетами сердечника статора, и пазовые каналы. Вентиляционные каналы аэродинамически сообщены друг с другом и с патрубками подачи охлажденного воздуха и патрубком вытяжки нагретого воздуха из кольцевого сборного канала генератора.

Из охладителя воздух нагнетается внешним вентилятором через патрубки в полость корпуса электромашин в зоны расположения лобовых частей обмотки статора, далее газ распределяется по пазовым и радиальным вентиляционным каналам, затем поступает в продольные вентиляционные каналы, уходит по ним в кольцевой канал корпуса генератора и через патрубок удаляется вентилятором в охладитель. Таким образом, обеспечивается независимая симметричная эффективная многоструйная вытяжная радиально-осевая вентиляция обмотки и сердечника статора электромашин.

Для расчета скорости воздуха используется осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье — Стокса (RANS), дополненные моделью турбулентности. Скорость движения охлаждающего воздуха в каналах генератора показана на рис. 1.

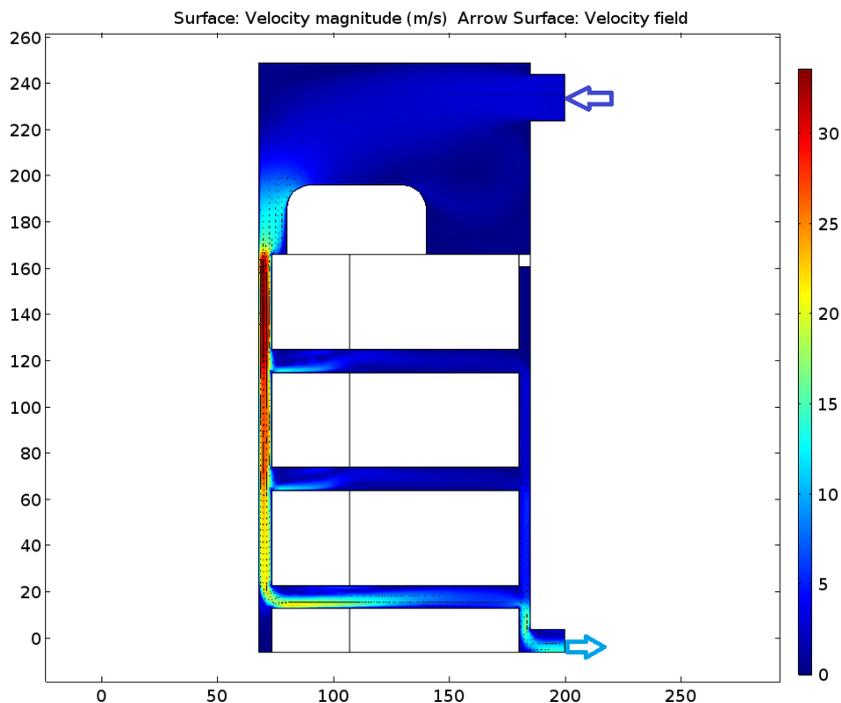


Рис. 1. Распределение скоростей охлаждающего воздуха в каналах генератора

В предлагаемом генераторе температура входного воздуха принята равной 20°C . Изменение температуры охлаждающего воздуха в тракте охлаждения генератора и на пакетах сердечника статора показана на рис. 2 и рис. 3.

Для оценки нагрева генератора рассмотрен характерный элемент, состоящий из одного пакета сердечника и соответствующий ему участок обмотки статора в пазовой части и в радиальном вентиляционном канале (рис. 4). В зубцах и ярме пакета выделяются расчётные потери, равномерно распределённые по объёму этих элементов пакета. В проводниках обмотки выделяются потери, соответствующие длине участка обмотки. Изоляция проводников и паза соответствует классу В обмоток статоров машин переменного тока на напряжение до 660 В [2] ; пазовый клин выполнен из стеклотекстолита. Стенки пакета и выступающие участки обмотки охлаждаются воздухом, проходящим по радиальным каналам, пазовая часть обмотки и часть зубца охлаждаются воздухом, проходящим в пазовом канале. Теплопередача происходит также между пазовой частью обмотки и

соседними зубцами и ярмом, между пакетом и корпусом генератора в месте их контакта и между пакетом и воздухом в осевом канале корпуса.

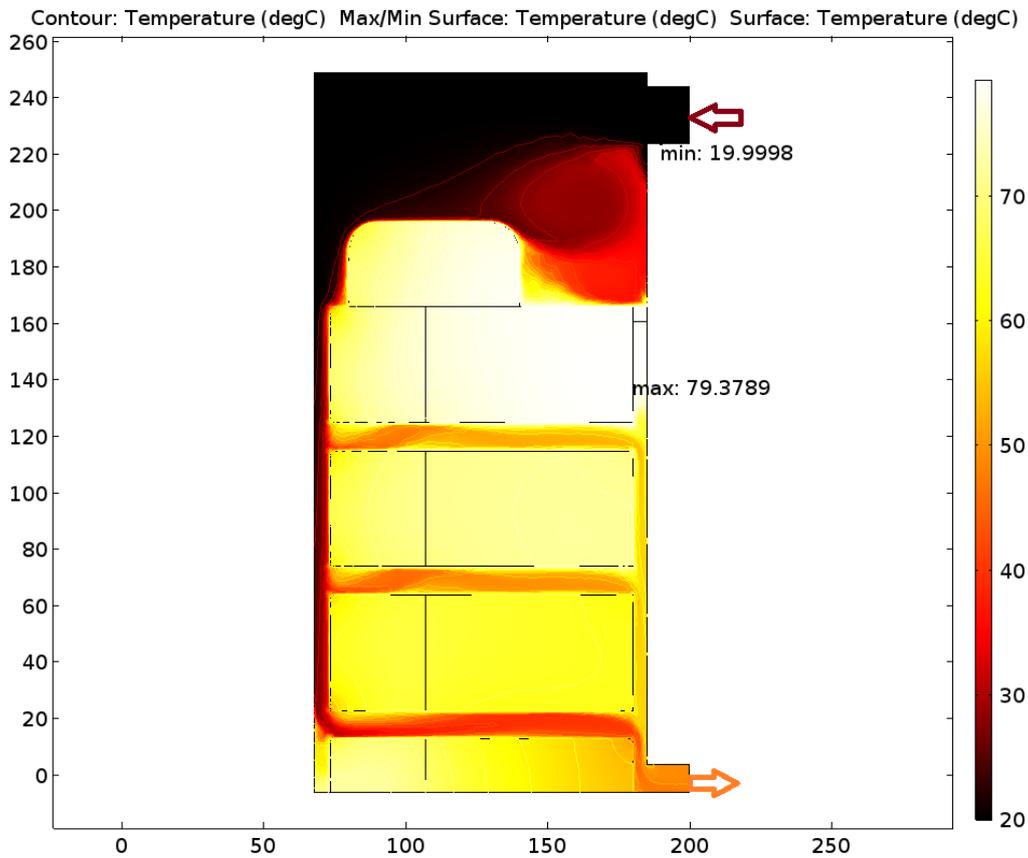


Рис.2. Температуры охлаждающего воздуха в каналах генератора

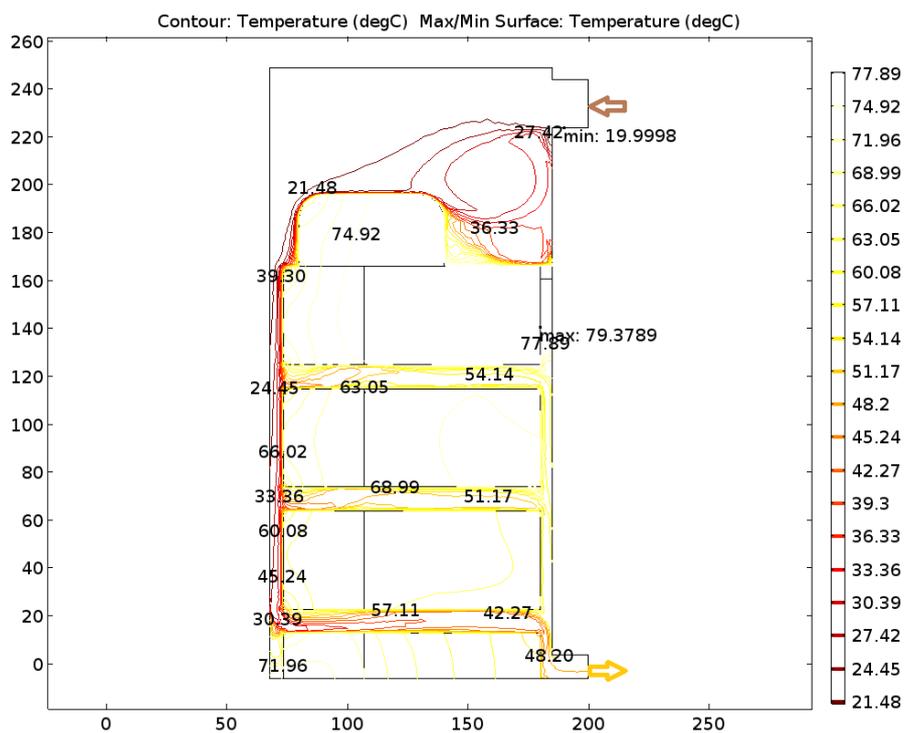


Рис.3. Температуры на охлаждаемых поверхностях сердечника статора

Коэффициенты теплоотдачи с поверхности пакетов в радиальные каналы приняты равными $45,6 \text{ Вт/}^{\circ}\text{С}\cdot\text{м}^2$, в осевые продольные и пазовые каналы – $110,6 \text{ Вт/}^{\circ}\text{С}\cdot\text{м}^2$.

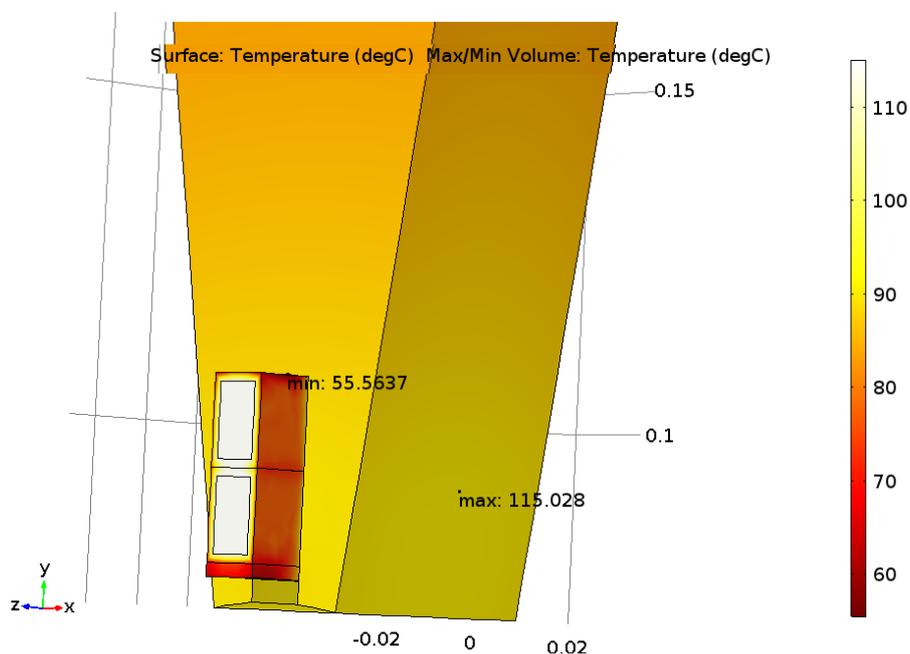


Рис.4 Элемент генератора при расчёте нагрева

Выводы

1. Полученные результаты исследования позволяют выявить температурную напряжённость генератора и оценить эффективность предложенной системы вентиляции.

2. Использование сочетания традиционного метода проектирования и расчёта генератора с моделированием методом конечных элементов позволяет выполнять исследования электромагнитных, температурных и аэродинамических процессов.

Литература

1. Сергеев В.Д., Дидов В.В. Компактный электрогенератор 1000 кВт на магнитных подшипниках. «Современные технологии и развитие политехнического образования» Международная научная конференция 14-18 сентября 2015 г., г. Владивосток, Секция 5 Энергетика, электронное издание, с.624-627

2. Копылов И.П., Клоков Б.К., и др. Проектирование электрических машин: учеб. пособие для вузов – в 2-х кн. / под. ред. И.П. Копылова – кн. 2, 2-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1993. С. 384

3. Патент RU 2385524 С1 Высокооборотная электрическая машина / Дидов В.В., Сергеев В.Д., Телешова Н.С. и др. БИ №9, 2010

*1 T. Zhashkova, 1 M. Mikheev, 1 V. Roganov, 2 A. Gerasimenko,
2 E. Kozhoshko, 1 O. Yasarebskaya (Т.В. Жашкова, М.Ю. Михеев,
В.Р. Роганов, А.В. Герасименко, Е.В. Кожушко, О.Н. Ясаревская)*

¹Penza State Technological University, Penza

²FEFU, Vladivostok

**NEURAL NETWORK IDENTIFICATION OF POWER QUALITY
DATA OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS (НЕЙРОСЕТЕВАЯ
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ)**

Аннотация

В статье представлена разработка процедуры определения показателей качества электроэнергии, проведено сравнительное моделирование расчета прямым способом и с помощью нейронной сети базового показателя качества электроэнергии.

Электрическая энергия используется как в бортовых системах, так и для питания средств измерений и автоматизации. Низкое качество электроэнергии влияет на надежность их работы. Развитие современного производства принципиально невозможно без широкого внедрения микропроцессорных средств измерений и автоматизации, сбои в работе которых, вследствие сетевых помех, могут привести не просто к снижению качества продукции, а к достаточно серьезным авариям. Именно поэтому вопросам обеспечения качества электроэнергии посвящено большое количество нормативных документов.

Показатели качества электроэнергии (ПКЭ) определяют совокупность характеристик электроэнергии, при которых устройства, потребляющие ее, могут выполнять заложенные в них функции.

В действующих ГОСТ по электромагнитной совместимости в качестве объектов средств измерений выделяются следующие приборы:

- для измерения ПКЭ;
- технического контроля ПКЭ;
- контроля качества электрической энергии;
- анализа качества электрической энергии.

Отдельно выделяют измерительные преобразователи ПКЭ – средства измерений, предназначенные для выработки информации о значениях ПКЭ в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

В рамках данной статьи необходимо разработать подсистему идентификации для определения качества электроэнергии сложных систем. Необходимо отметить, что подсистема идентификации ПКЭ может быть реализована разными способами с точки зрения своей структуры:

- прямой расчет ПКЭ;
- определение ПКЭ с использованием нейронных сетей.

При работе подсистемы идентификации значения ПКЭ (рис. 1) проходит состояния ожидания данных измерений, выделения признаков ПКЭ, аппроксимации значения ПКЭ (на базе нейронной сети) и передачи значения ПКЭ в микроконтроллер, который затем пересылает данные в подсистему обработки и хранения данных.

Для решения задачи идентификации частоты в энергосистемах была реализована на базе нейронной сети прямого распространения. Данная схема позволяет промоделировать ситуацию определения частоты при искаженном сигнале, а также наличие в сигнале гармоник, интергармоник и субгармоник, а также отклонения значения напряжения.

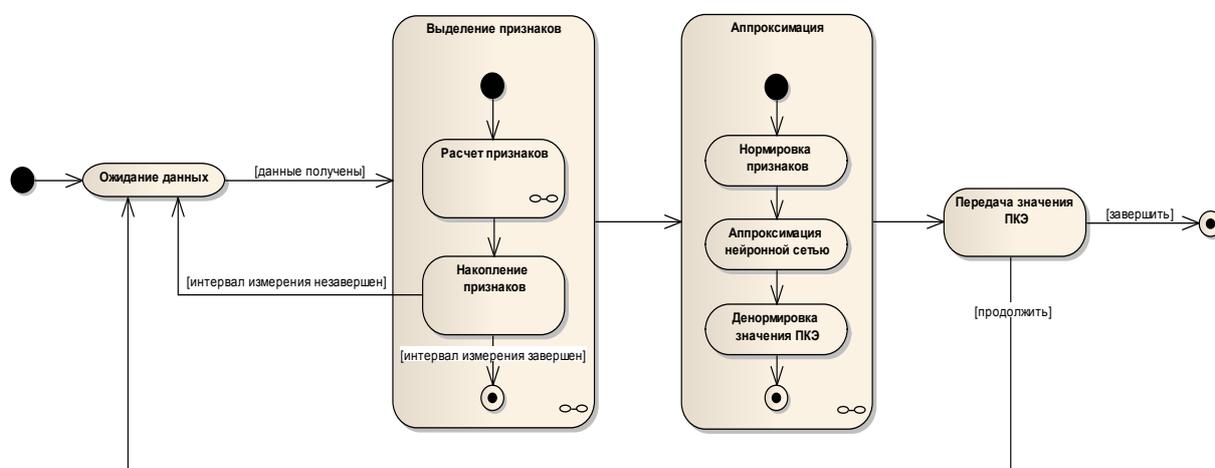


Рис. 1. Диаграмма состояний подсистемы идентификации значения ПКЭ

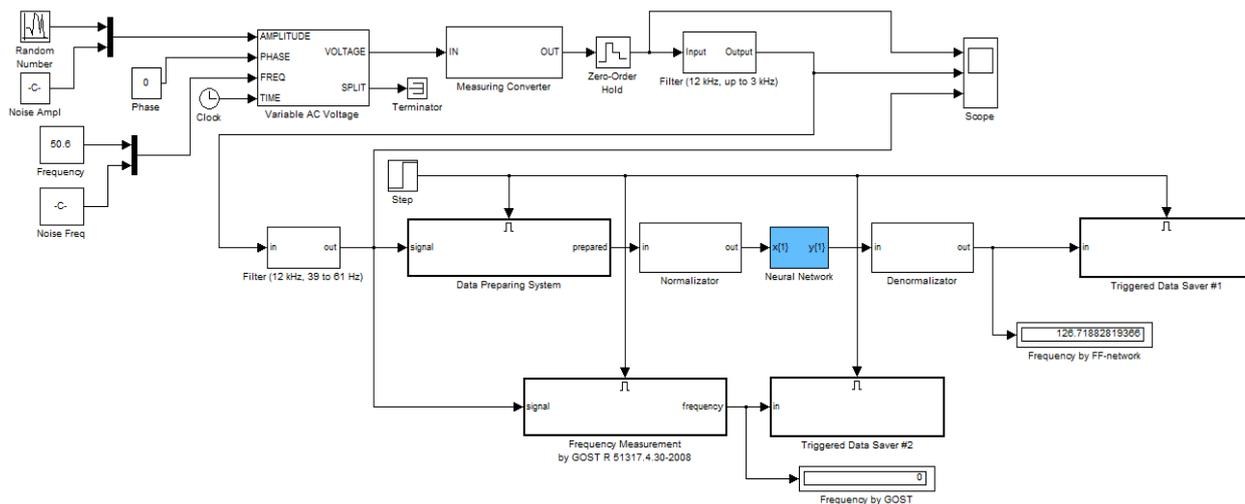


Рис. 2. Модель работы идентификации частоты на базе нейронной сети прямого распространения

По результатам работы нейронной сети можно сделать следующий вывод:

- максимальная абсолютная ошибка нейронной сети равна 0,00030686 Гц (для алгоритма прямого расчета – 0,00030059 Гц),
- средняя абсолютная ошибка нейронной сети равна 0,00014108 Гц (для алгоритма прямого расчета – 0,00006149 Гц).

Таким образом, по поиску оптимального типа нейронной сети для определения частоты установлено, что наименьшую погрешность имеет измеритель частоты на базе нейронной сети с прямым распространением.

Литература

1. Жашкова Т.В., Володина Е.А. Имитационное моделирование системы мониторинга показателей качества электрической энергии – Пенза, Современные информационные технологии, 2012. № 16. – С. 110-116.
2. Михеев М.Ю., Дмитриенко А.Г., Жашкова Т.В. Нейросетевая идентификация показателей качества электрической энергии – Пенза, Труды международного симпозиума Надежность и качество, 2009. Т. 1. – С. 439-442.
3. Жашкова Т.В., Семочкина И.Ю., Лепешев А.А. Разработка подсистемы нейросетевой идентификации для определения показателей качества электроэнергии. – Пенза, XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 2015. № 4 (26). – С. 240-252.

4. В.К.Гемст, В.Р.Роганов. Техническая диагностика микропроцессорных систем релейной защиты и автоматики энергосистем. – Рига, Рижск.политехн. ин-т, 1988. – 72 с.

*G. Zhdanova, E. Konovalova, L. Evtushenko, M. Krasavtseva,
N. Vorokhoyev, M. Tolstoy, A. Kashevskiy, D. Stom (Г.О. Жданова 1,
Е. Ю. Коновалова 1, Л. И. Евтушенко 2, М. С. Красавцева 1,
Н. Д. Борохоев 3, М. Ю. Толстой 3, А. В. Кашевский 1, Д. И. Стом 1,3,4)*

¹Irkutsk State University, Irkutsk

²Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms
G.K.Skryabin, Pushchino

³National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk

⁴Baikal Museum of the Irkutsk scientific center SB RAS, Listvyanka

**NEW ELECTRODES FOR MFE AND COMPARATIVE ANALYSIS OF
ELECTROGENIC ACTIVITY OF COMPLEX MICROBIAL AGENTS
(НОВЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ МТЭ
И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОГЕННОЙ
АКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРЕПАРАТОВ)**

Аннотация

Сопоставлена электрогенная активность ряда комплексных микробиологических препаратов, динамика трансформации ими субстратов, ХПК сточной воды. Разработаны и испытаны новые варианты конструкций МТЭ и электродов к ним. Изучены различные подходы к решению проблемы перенапряжения катодного электрода МТЭ. Показана перспективность применения металлокомплексных катализаторов, выпускаемых ООО НПФ «Катан» (г. Ангарск, Иркутская область, РФ) для снятия перенапряжения на катоде МТЭ, предложены различные варианты акцепторов электронов в катодной камере МТЭ, как в присутствии, так и в отсутствии штаммов микроорганизмов в катодном пространстве.

Утилизация различных отходов и компонентов сточных вод по-прежнему остается одной из главных проблем современности. Перспективным направлением в этой области исследований является использование биотопливных элементов, позволяющих не только очищать сточные

воды, но и превращать химическую энергию их компонентов в электричество. Одним из препятствий широкого применения МТЭ на практике является ограниченное количество штаммов микроорганизмов для МТЭ. Недостатком культур микроорганизмов, уже используемых как биоагенты, является сравнительно узкий диапазон применяемых субстратов. В настоящее время выпускается большое количество коммерческих микробиологических препаратов для локальной очистки сточных вод, утилизации различных твердых отходов, для выгребных ям и т.п. Подобные консорциумы содержат большое число самых различных штаммов, способных использовать в качестве субстратов широкий круг различных веществ при самых различных условиях. В связи со сказанным, в задачи данного сообщения входило: 1) оценка возможности использования некоторых комплексных микробиологических препаратов в качестве биоагентов для генерирования электричества в МТЭ; 2) выделение и изучение штаммов микроорганизмов, отвечающих за электрогенную активность исследуемых препаратов; 3) разработка и испытание новых электродов для МТЭ, а также новых модификаций МТЭ; 4) поиск подходов к технологии по предотвращению перенапряжения на катоде.

Материалы и методы исследования

В работе использовали макетный образец МТЭ, изготовленный из оргстекла, состоящий из 2 одинаковых камер объемом 370 мл, разделенных между собой протонообменной мембраной Nafion (США). Средой, заполняющей анодное и катодное пространства, являлась модельная сточная вода, приготовленная в соответствии с ГОСТ Р 50595-93 и предварительно простерилизованная автоклавированием. Электроды для МТЭ изготавливали из электропроводящей углеродной ткани («СветогорскХимВолокно», Беларусь), карбида кремния («Подольскогнеупор», Россия), микроканальных пластин (ООО ВТЦ «Баспик», Россия), из меди с напылением никеля.

В герметичную анодную камеру добавляли исследуемые микроорганизмы (биоагенты) и субстрат, в качестве которого в экспериментах выступали пептон, глюкоза, ацетат натрия, аммонийный азот и другие. Катодную камеру барботировали воздухом при помощи лабораторных микрокомпрессоров (Dezzie модель D-044, скорость подачи воздуха 1,5 л/мин). Дополнительными акцепторами электродов в катоде выступали нитраты, сульфаты.

В большинстве случаев использовали безмедиаторный вариант микробных топливных элементов, но применяли и медиатор – нейтральный красный.

В качестве биоагентов в МТЭ использовали коммерческие микробиологические препараты: Препарат «Байкал-ЭМ1» (ООО «ЭМ-Кооперация», Россия, Ярославская область); «БиЭм» (Республика Бурятия, г. Улан-Удэ); «Тамир» (ООО «ЭМ-Кооперация», Россия); «Биоасенизатор» (ООО «НПП «Биосинтез»); «Доктор Робик 109К» (ООО «ВИПЭКО» г. Москва); «Санэкс» (ЗАО «К&К» Москва). Жидкие препараты вносили в анодное пространство МТЭ в количестве 20 мл, сухие – 1 г.

В экспериментах регистрировали напряжение, силу тока, рассчитывали мощность МТЭ, а также определяли концентрации субстратов, ХПК содержимого анодного пространства МТЭ. Выводы сделаны при вероятности безошибочного прогноза $P > 0,95$.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований была сопоставлена электрогенная активность ряда комплексных микробиологических препаратов, среди которых наиболее перспективными биоагентами для работы в МТЭ оказались «Восток ЭМ-1», «Доктор Робик 109К», «Байкал ЭМ-1». Параллельно с исследованием электрических характеристик МТЭ изучали динамику трансформации субстратов под действием микроорганизмов, ХПК сточной воды [5].

Были разработаны новые варианты конструкций МТЭ [1, 2], позволяющие наряду с электрическими параметрами, непрерывно регистрировать такие показатели, как рН и окислительно-восстановительный потенциал анодного пространства без нарушения его стерильности и анаэробности, а также дающие возможность стерильного отбора проб для химического и микробиологического анализа. Предложены принципиально новые конструкции электродов из различных материалов, оказавшихся перспективными для работы МТЭ [3, 4]. Так, разработаны электроды на основе микроканальных пластин, карбида кремния, меди с напылением никеля. Испытанные электроды из карбид кремния выгодно отличались от уже используемых (углеродной тканью) более высокими пористостью, более лучшими электрофизическими, физико-химическими, эксплуатационными характеристиками; более высокой устойчивостью к механическим воздействиям и агрессивным средам, хорошим взаимодействием с

микроорганизмами. Электроды, изготовленные с использованием микроканальной пластины, при испытании показали высокие электрические показатели при работе в МТЭ; одним из их преимуществ является большая площадь поверхности при минимальном размере электрода.

Изучены различные подходы к решению проблемы перенапряжения катодного электрода МТЭ. Показана перспективность использования для этих целей металлокомплексных катализаторов, выпускаемых ООО НПФ «Катан» (г. Ангарск, Иркутская область, Россия); предложены различные варианты акцепторов электронов в катодной камере МТЭ, как в присутствии, так и в отсутствии штаммов микроорганизмов в катодном пространстве.

Авторы признательны В. Я. Севериной за предоставленный препарат «Восток ЭМ-1». Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках реализации проектной части государственного задания в сфере научной деятельности (Задание № 13.1263.2014/К от 11.07.2014)

Литература

1. Биоэлектрохимический реактор / Лашин А.Ф., Стом Д.И., Протасов Е.С., Лапковский А.А., Саксонов М.Н., Толстой М.Ю., Коновалова Е.Ю., Быбин В.А., Пономарева А.Л., Мирманов Р.Ж. // Патент РФ на полезную модель № 153593 от 27.10.2014. – Бюл. № 21 от 27.07.2015.

2. Микробный биотопливный элемент / Коновалова Е.Ю., Стом Д.И., Быбин В.А., Пономарева А.Л., Жданова Г.О., Толстой М.Ю. // Патент РФ на полезную модель № 153691 от 25.12.2014. – Бюл. № 21 от 27.07.2015.

3. Микробный топливный элемент / Паперный В.Л., Борохоев Н.Д., Стом Д.И., Толстой М.Ю., Саксонов М.Н., Кошелев Н.А., Шипицин Н.В. // Решение о выдаче патента на изобретение. Заявка № 2015141501 от 29.09.2015.

4. Микробный топливный элемент/ Лашин А.Ф., Стом Д.И., Протасов Е.С. // Патент РФ на полезную модель № 151764 от 24.06.2014. – Бюл. № 11 от 20.04.2015.

5. Using microbial fuel cells for utilization of industrial wastewater / Konovalova E.Y., Stom D.I., Balayan A.E., Protasov E.S., Tolstoy M.Y.,

Tyutyunin V.V. // Industrial, Mechanical and Manufacturing Science - Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial, Mechanical and Manufacturing Science, ICIMMS 2014, 2015. – P. 71-74.

*A. Zhukov, D. Sidorov, V. Kurbatskiy, N. Tomin, D. Panasetsriy
(А.В. Жуков, Д.Н. Сидоров, В.Г. Курбацкий, Н.В. Томин,
Д.А. Панасецкий)*

Energy Systems Institute L.A. Melentyev, SB RAS, Irkutsk

**THE METHOD OF IDENTIFYING CONDITION
OF THE ELECTRICITY NETWORK BASED ON STREAM
MODIFICATION OF RANDOM FOREST ALGORITHM
(МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ПОТОКОВОЙ
МОДИФИКАЦИИ АЛГОРИТМА
СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА)**

Аннотация

Предложен метод идентификации состояния ЭЭС с учетом предыстории потоковых данных параметра режима. Использована эффективная модификация алгоритма случайного леса, позволяющая повысить точность идентификации состояния путем взвешивания ответов отдельных классификаторов композиции. Анализ метода идентификации продемонстрировал свою высокую эффективность на различных сценариях модифицированной 118-узловой электрической схеме IEEE, позволяя распознавать опасные состояния в режиме реального времени.

Данная работа поддержана грантом Российского научного фонда 14-19-00054

Анализ потоковых данных, характеризующих поведение нестационарных динамических систем, является одной из важных задач мониторинга электроэнергетических систем (ЭЭС) при идентификации её состояний. В общем случае, под потоковыми подразумеваются данные, поступающие последовательно с одинаковыми или различными временными интервалами. В электроэнергетических задачах к таким данным относятся

телеметрические или векторные данные по параметрам режима, поступающим от систем SCADA или устройств PMU.

В этих условиях традиционные численные методы оценки надёжности и устойчивости ЭЭС, ввиду комбинаторной природы проблемы, требуют большого времени вычислений и, следовательно, не могут быть эффективно использованы в режиме реального времени. В последние годы были предложены оригинальные подходы для идентификации состояния ЭЭС с использованием алгоритмов машинного обучения, таких как искусственные нейронные сети, деревья принятия решений, модели глубинного обучения и т.д. Успех использования таких алгоритмов связан с их способностями к быстрому распознаванию образов, обучению/обобщению и, что важно, высокой скоростью идентификации границ неустойчивости, что позволяет обеспечить эффективное решение при работе в режиме реального времени. В общей постановке, концепция подходов машинного обучения сводится к решению классической задачи распознавания образов на основе сбора данных и классификации режимов работы ЭЭС. Основная идея при таком подходе заключается в построении универсального классификатора состояний ЭЭС, способного на основе определённых индексов надёжности системы отслеживать опасные предаварийные режимы и предсказывать аварийные ситуации (рис. 1).

Одним из наиболее распространённых подходов к решению задачи классификации является использование композиционных методов. Композиционные методы (или ансамбли) классификации формируют набор различных алгоритмов для достижения лучшей точности, чем у каждого из этих алгоритмов в отдельности. Композиции широко используются в самых различных исследованиях, в том числе и в задаче мониторинга состояния ЭЭС [1]. Одним из самых эффективных композиционных алгоритмов общего назначения является метод построения деревьев решений «случайный лес», RandomForest [2]. Этот алгоритм использует бэггинг и метод случайных подпространств для создания композиции высоко декоррелированных деревьев решений, что позволяет достигать достаточно высокой точности и устойчивости к шуму в данных, в случае стационарных временных реализаций режимных параметров.



Рис. 1. Режимы работы (состояния) ЭЭС и их переходы в зависимости от возмущений

Во многих работах посвящённых исследованию методов мониторинга состояний ЭЭС с помощью деревьев решений и их композиций предлагается использовать модель в режиме «офф-лайн», а вместо адаптации периодически обучать модель заново [3, 4], что приводит к дополнительным затратам на обучение модели. В работе [5], посвящённой композиционному методу Accuracy Weighted Ensemble (AWE) представлен подход, позволяющий повысить точность классификации потоковых данных за счёт взвешивания ответов отдельных классификаторов композиции. Вес каждого рассчитывается с помощью оценки ошибки каждого из них на вновь поступаемые данные. Чем больше ошибка, тем меньший вес присваивается алгоритму. Такая оценка формируется благодаря использованию буфера с ретроспективными данными.

В статье предлагается оригинальный подход, реализующий принципы как алгоритма Random Forest, так и метода AWE. В качестве базовых алгоритмов композиции используется Extremely Randomized Tree [6], что позволяет ускорить процесс обучения, за счёт использования только отдельных деревьев в режиме «офф-лайн» и обновления композиции простой заменой деревьев с низкой точностью. При этом замена происходит только в том случае, если средняя точность всего ансамбля меньше заданного порога, выбираемого из эмпирических соображений.

Оценка ошибки конкретного классификатора на новых примерах выполняется из следующих предположений:

1. классификаторы имеют близкие ошибки на “похожих” примерах,
2. функция ошибки для конкретного классификатора медленно меняется со временем. Это позволяет приблизить функцию ошибки с помощью взвешенного метода k ближайших соседей. В качестве обучающей выборки извлекаются примеры из буфера, а в качестве значений отклика – ошибки классификаторов на примерах буфера.

Таким образом, для того, чтобы найти веса для классификации конкретного примера, первоначально происходит поиск похожих примеров в буфере, затем усреднение и полученное значение определяется следующим образом:

$$w_i = \frac{1}{E_i^2(x) + \varepsilon}$$

где E_i – предполагаемая ошибка-го классификатора на примере x , а ε – малый параметр.

Функция расстояния для метода k ближайших соседей может быть определена разными способами. Однако, с целью сокращения вычислительной сложности, целесообразно использовать внутреннюю функцию близости Random Forest Proximity. Эта функция использует структуру деревьев для получения значения близости следующим образом: если два примера попадают в одну и ту же ячейку пространства признаков соответствующую терминальному узлу дерева, то значение увеличивается на единицу. По завершении процесса итоговая функция определяется по количеству деревьев. Таким образом мы имеем два механизма адаптации к изменениям в анализируемых данных: замена неэффективных базовых алгоритмов и адаптивное правило объединения ответов алгоритмов композиции.

В данной статье предлагаемая модель была протестирована на модифицированной 118-узловой электрической схеме IEEE. База данных возможных состояний ЭЭС для обучения модели мониторинга была сформирована с использованием квазидинамического моделирования в среде MATLAB. Результаты расчётов показали, что предложенный метод к идентификации состояний ЭЭС на базе модифицированного алгоритма «случайного леса» позволяет эффективно выявлять потенциальные опасные состояния ЭЭС в режиме реального времени. При этом не требуется дополнительной корректировки модели мониторинга в режиме «оффлайн» при возникновении изменений состояния анализируемой ЭЭС.

Литература

1. Курбацкий В.Г. Мониторинг и оценка режимной надёжности ЭЭС на базе алгоритмов машинного обучения / В.Г. Курбацкий, Н.В. Томин // Сб. докладов 86-ого научного семинара «Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики, Санкт-Петербург. – 2014. – С. 233-241
2. Ensemble methods of classification for power systems security assessment / A. Zhukov, V. Kurbatsky, N. Tomin et al. // arXiv, Artificial Intelligence (cs.AI). 2016. Vol. arXiv:1601.01675. P. 1–6.
3. Breiman Leo. Random Forests // <http://dx.doi.org/10.1023/A:1010933404324> Machine Learning. 2001. Vol. 45, no. 1. P. 5–32. URL: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1010933404324>.
4. Decision tree-based online voltage security assessment using PMU measurements / RuishengDiao, Kai Sun, Vijay Vittal et al. // Power Systems, IEEE Transactions on. 2009. Vol. 24, no. 2. P. 832–839.
5. Beiraghi M, Ranjbar AM. Online voltage security assessment based on wide-area measurements // Power Delivery, IEEE Transactions on. 2013. Vol. 28, no. 2. P. 989–997.
6. Mining concept-drifting data streams using ensemble classifiers / Haixun Wang, Wei Fan, Philip S Yu, Jiawei Han // Proceedings of the ninth ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining / ACM. 2003. P. 226–235.
7. Geurts Pierre, Ernst Damien, Wehenkel Louis. Extremely randomized trees // Machine learning. 2006. Vol. 63, no. 1. P. 3–42.

*E. Zykina, A. Sidorov, O. Khanzhina (E.В. Зыкина,
А.И. Сидоров, О.А. Ханжина)*

South Ural State University (NIU), Chelyabinsk

**RESEARCH OF INFLUENCE OF NOISE LOAD ON THE AMOUNT OF
THE THRESHOLD MEASURABLE CURRENT (ИССЛЕДОВАНИЕ
ВЛИЯНИЯ ШУМОВОЙ НАГРУЗКИ
НА ВЕЛИЧИНУ ПОРОГОВОГО ОЩУТИМОГО ТОКА)**

Аннотация

Работа посвящена первичным критериям электробезопасности. Поднят вопрос о необходимости учета сочетанного воздействия электрическо-

го тока и других факторов производственной среды на организм человека. Приведена графическая зависимость порогового осязаемого тока промышленной частоты от шумовой нагрузки.

Профилактика электротравматизма является приоритетным направлением деятельности в организациях энергетического профиля. По частоте смертельных исходов случаи электропоражения во много раз превосходят другие виды травм. Обеспечение устойчивой безопасности при работах в электроустановках достигается путем соблюдения требований электробезопасности.

Действующий в настоящее время в РФ ГОСТ 12.1.038-82 устанавливает предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, с учетом длительности протекания тока через тело человека [1].

Результаты исследований, проведенных на Южно-Уральском предприятии магистральных электрических сетей, показывают, что в большинстве случаев условия труда персонала, занятого на предприятиях энергетической отрасли, относятся к вредным различных степеней. При этом одним из факторов, определяющих условия труда, является шум.

К источникам повышенного шума в магистральных электрических сетях относятся: силовые трансформаторы и автотрансформаторы, воздушные выключатели, явление короны, компрессоры и другое оборудование.

К сожалению, рекомендуемые в настоящее время Международной электротехнической комиссией (МЭК) предельно допустимые уровни токов и напряжений прикосновения не учитывают совместного действия электрического тока и иных физических факторов, в частности, шума.

Факторам, по большей части электрического характера, посвящены исследовательские работы В.И. Щуцкого, В.Е. Манойлова, Б.Г. Меньшова, П.А. Долина, А.И. Сидорова. О влиянии факторов неэлектрического характера наука обладает недостаточным уровнем знаний. Необходимо проведение дополнительных исследований, в частности по исследованию воздействия производственного шума.

Ранее в диссертационной работе В.В. Кацай было доказано влияние уровня звукового давления и его частоты на сопротивление тела человека [2]. По итогам исследований было установлено, что прерывистый шум оказывает более существенное влияние, чем постоянный на протяжении рабо-

чей смены. Но дальнейших манипуляций по продолжению исследования не последовало.

На кафедре «Безопасность жизнедеятельности» Южно-Уральского государственного университета были возобновлены в лабораторных условиях исследования воздействия шума на величину порогового осязаемого тока. Для получения достоверных результатов был сконструирован испытательный комплекс, включающий в себя заглушенную камеру, источники моделируемых напряжений и шума, блок регистрирующих приборов [3]. Особенности источника моделируемых напряжений являются возможности получения воздействующих сигналов любой формы и частоты, а также обеспечения неизменной скорости нарастания этих сигналов.

На рис.1 представлена зависимость величины порогового осязаемого тока частотой 50 Гц от эквивалентного уровня звука.

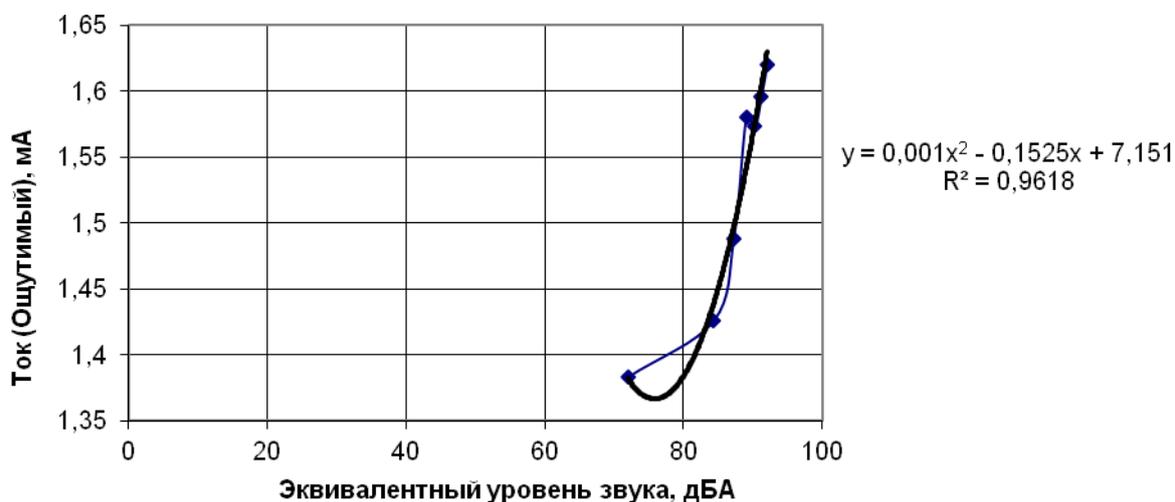


Рис. 1. Зависимость величины порогового осязаемого тока от эквивалентного уровня звука

В итоге проведенных исследований было выявлено, что величина порогового осязаемого тока имеет полиномиальную зависимость от величины шумовой нагрузки. Одновременно проводились исследования изменения электрического сопротивления тела человека. Согласно полученным результатам, колебания величины сопротивления тела человека электрическому току при воздействии постоянного шума в течение рабочей смены не имеют четко выраженной функциональной зависимости. При этом разница между максимальным и минимальным значением составляет 1 кОм.

Анализ представленной зависимости ставит под сомнение полученный ранее в [2] вывод о необходимости снижения уставок срабатывания устройств защитного отключения.

Учитывая возникшее противоречие, были проведены дополнительно исследования первичных критериев электробезопасности при воздействии шумовой нагрузки. На стадии анализа находятся результаты экспериментов, где задавались частоты тока 400 и 5000 Гц, а также исследовались одно- и двухполупериодные токи.

Литература

1. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением №1). – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 8 с.
2. Кацай, В.В. Влияние шума электрооборудования на электротехнические характеристики тела человека: дис. ... канд. техн. наук / В.В. Кацай. – Челябинск, 2006. – 108 с.
3. Зыкина, Е.В. Установка для исследования влияния шума на электрическое сопротивление тела человека / Е.В. Зыкина, Т.Л. Елисеева, А.Б. Тряпицын // Электробезопасность. – 2010. – № 2–3. – С. 67–70.

*F. Ismagilov, V. Vavilov, R. Karimov, A. Yakupov (Ф.Р. Исмагилов,
В.Е. Вавилов, Р.Д. Каримов, А.М. Якупов)*

Ufa State Aviation Technical University, Ufa

**THE MAGNETIC SYSTEM OF THE ROTOR
OF ELECTROMECHANICAL ENERGY CONVERTERS WITH
POSSIBILITY OF INSTALLATION ON THE SHAFT
OF AIRCRAFT ENGINE HIGH PRESSURE COMPRESSOR
(МАГНИТНАЯ СИСТЕМА РОТОРА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ
УСТАНОВКИ НА ВАЛУ КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ
АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ)**

Аннотация

В докладе представлены результаты по исследованию и разработке высокотемпературных электромеханических преобразователей энергии с возможностью интеграции на валу авиационного двигателя. Рассмотрены различные реализации магнитной системы ротора и показана эффективность реализации для данного типа электромеханических преобразователей магнитных сборок Хальбаха. Представлены численные расчеты высокотемпературного стартер–генератора с возможностью интеграции в авиационный двигатель.

Одним из направлений развития и совершенствования современных воздушных судов (ВС) гражданского и военного назначения является снижение массогабаритных показателей их системы электроснабжения. Система электроснабжения ВС включает в себя помимо самого энерговырабатывающего оборудования (генератора или стартер–генератора (СГ)), множество узлов для обеспечения его функционирования. В частности к таким узлам относятся различного рода коробки скоростей, гидравлические и пневматические приводы постоянной частоты, масса которых достигает до 30 % от полной массы системы электроснабжения ВС.

Поэтому, мировым научным сообществом, совместно с авиастроительными корпорациями (Snecma, Rolls–Royce, PW Canada, Hamilton Sundstrand, Lucas Aerospace, Honeywell), в последние годы активно ведутся разработки высокотемпературных СГ с возможностью прямой интегра-

ции на вал компрессора высокого давления (КВД) авиационного двигателя (АД) [1, 2].

Основными ограничениями для установки СГ на валу КВД являются температурные условия окружающей среды вала КВД, а также высокая степень интеграции СГ в АД, то есть при установке СГ на валу КВД, СГ должен эксплуатироваться с АД как единая система, при этом аварийная ситуация в СГ становится причиной аварийной ситуации в АД. Во избежание аварийных ситуаций в АД, необходимо, чтобы СГ обладал повышенной живучестью и безопасностью, согласно ГОСТ 27.002-89. Поэтому помимо требований, предъявляемых к обычным авиационным СГ, к СГ установленному на валу КВД добавляются отдельные требования, по обеспечению температуростойкости, пожаробезопасности, живучести и безопасности.

Сложность обеспечения указанных технических требований в электромеханических преобразователях энергии (ЭМПЭ), позволяет, в настоящее время, рекомендовать в качестве СГ установленного на валу КВД два типа ЭМПЭ: индукторный ЭМПЭ [3] и высокотемпературный ЭМПЭ с высококоэрцитивными постоянными магнитами (ВПМ) [4, 5]. Авторами в работах [6, 7] было доказано, что применение ЭМПЭ с ВПМ позволяет достигнуть более низких массогабаритных показателей при более высокой надежности и коэффициенте полезного действия, при этом наибольшими перспективами обладает ЭМПЭ с обращенным внешним ротором, так как это позволяет достигнуть возможности охлаждения ВПМ и снизить тепловую нагрузку на ЭМПЭ с ВПМ.

В тоже время при выполнении ЭМПЭ обращенной конструкции возникают определенные сложности, обусловленные тем, что ВПМ необходимо крепить к элементам АД, которые выполнены из немагнитных материалов: титана и Инконеля–718. То есть при установке ЭМПЭ с ВПМ обращенной конструкции с обыкновенной магнитной системой на немагнитной (титановой) втулке значительно увеличивается рассеяние магнитного поля, и магнитная индукция в воздушном зазоре ЭМПЭ снижается на 30–35%. Это приводит к значительному увеличению массогабаритных показателей ЭМПЭ с ВПМ, интегрированных на валу КВД АД.

Для решения этой проблемы авторами предлагается использовать в высокотемпературных ЭМПЭ с возможностью установки на вал КВД комбинированную магнитную систему, аналогичную магнитной сборки

Хальбаха, основной смысл, который заключается в том, что за счет особой конфигурации постоянных магнитов, с одной стороны происходит компенсация магнитного потока (уменьшение потока рассеяния), который в свою очередь ведет к усилению, с другой стороны.

Для оценки эффективности данного технического решения было проведено компьютерное моделирование магнитного поля ЭМПЭ с внешним ротором

В качестве материала спинки ротора ЭМПЭ выбран титан, в качестве материала статора используется сталь марки 48КФ2, в качестве ВПМ рассматриваются высокотемпературные постоянные магниты на основе сплава Sm (Co 0,67 Fe 0,19 Cu 0,12 Zr 0,02) 6,75 с рабочей температурой до 5500С.

Компьютерное моделирование выполнялось в программном комплексе ANSYS Maxwell 16. При моделировании в Ansys Maxwell решалась задача двумерного анализа электромагнитного поля магнитной системы, на границе которой накладывались граничные условия Дирихле: $\Phi_M = f_1(x, y, z)$. В результате моделирования были получены спектры распределения магнитной индукции, для двух обращенных 6-полюсных электрических машин, одна из которых имела традиционной магнитную систему, а другая магнитную систему Хальбаха, рисунок 4, ротор обеих машин выполнен из титана.

Анализ результатов моделирования показал, что использования магнитной системы Хальбаха возможно добиться усиления магнитного поля в зазоре ЭМПЭ, в отличии от традиционной конструкции практически в 2 раза. Так, например, амплитудное значение магнитной индукции в зазоре ЭМПЭ с традиционной магнитной системы составляет 0,574 Тл, а при использование магнитной системы Хальбаха, всего 0,976 Тл.

Для полной оценки эффективности были произведены расчеты высокотемпературного ЭМПЭ обращенной конструкции с магнитной сборкой Хальбаха при температуре окружающей среды 300⁰С и температуре ВПМ 330⁰С, снижение характеристик ВПМ от нагрева учитывалось температурными коэффициентами, результаты расчетов представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что удельная масса высокотемпературного ЭМПЭ реализуемого по предлагаемой конструктивной схеме (обращенный ротор, магнитная сборка Хальбаха, воздушное охлаждение) составляет 0,49 кВт/кг, при этом данный ЭМПЭ не требует дополнительного при-

вода постоянной частоты или коробки редукторов. Представляется целесообразным сравнить полученные результаты с промышленно выпускаемым генератором ГТ40ПЧ8Б(В) мощностью 40 кВА, частотой вращения ротора 8000 об/мин и с воздушным охлаждением (практически одинаковые условия сравнения, отличается только частота на 11 %). Масса генератора ГТ40ПЧ8Б(В) составляет 31 кг, рабочая температура окружающей среды 50⁰С, удельная масса данного генератора составляет 0,77 кг/кВт. То есть разработанный ЭМПЭ обладает более высокой рабочей температурой окружающей среды (в 6 раз превышает температуру окружающей среды генератора ГТ40ПЧ8Б(В)) и более низкой удельной массой на (30–35 %).

N. Kinsht, N. Petrunko (1,2 Н.В. Киншт, 2 Н.Н. Петрунько)

FEFU, Vladivostok

Automation and Control Processes Institute, Vladivostok

GROUPING OF PARTIAL DISCHARGES IN ELECTRICAL ISOLATION (О ГРУППИРОВКЕ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ)

Аннотация

В управлении эксплуатацией ответственного электроэнергетического оборудования (ВВО) особую роль имеет ранняя диагностика, а именно, контроль технического состояния высоковольтного электроэнергетического оборудования. При разработке таких технологий наибольшую ценность представляет ранняя диагностика оборудования в процессе эксплуатации, под рабочим напряжением, без отключений оборудования. Самым главным вопросом является вопрос о количестве реальных дефектов в изоляции и об опасности каждого из них. Важнейшим критерием технического состояния ВВО является наличие, интенсивность и распределение во времени и пространстве объема элемента ВВО частичных зарядов (ЧР). Процесс ЧР в изоляции ВВО зависит от целого ряда электрофизических параметров изоляции, конфигурации электрического поля и потенциальных дефектов. Анализируется формальное построение процесса ЧР как серии на периоде рабочего напряжения, Традиционно применяемая элементарная теория частичных разрядов ЧР основана на молчаливом пред-

положении, что в изоляции имеется единственный дефект (инородное включение), и интегральная картина множества частичных разрядов рассматривается как множество единичных независимых ЧР. В противоположность этому интегральная картина ЧР на самом деле является суперпозицией серий (последовательностей) ЧР, ассоциированных с отдельными дефектами (включениями в изоляции). Для каждого дефекта ЧР группируются в уникальную серию ЧР. При этом в каждой серии ЧР присутствуют элементы случайности, детерминированности и неопределенности исходной информации. Рассматриваются возможности выделения серии ЧР, ассоциированной с некоторым дефектом, из всего наблюдаемого множества.

*N. Kiryanova, A. Grobovoy, D. Kataev (Н. Курьянова¹,
А. Гробовой², Д. Катаев³)*

¹Novosibirsky State Technical University, Novosibirsk

²ООО "Laboratory emergency control in power systems",
Novosibirsk

³Institute of Control V.A. Trapeznikov, RAS, Moscow

**THE INVESTIGATION OF A NEW ASSESSMENT INDICATOR OF
APPROXIMATION TO THE LIMIT OF STABILITY
OF THE POWER SYSTEM (ОБ ИССЛЕДОВАНИИ НОВОГО
ИНДИКАТОРА ОЦЕНКИ ПРИБЛИЖЕНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ
К ПРЕДЕЛУ УСТОЙЧИВОСТИ)**

Аннотация

Исследована эффективность одного из вариантов метода субграмианов (предложен в Институте проблем управления РАН (ИПУ), предназначенного для определения условий приближения энергосистемы к пределу статической устойчивости [1]). Метод позволяет учесть вклад в общую энергию движения системы той энергии, которая аккумулирована в доминантных слабоустойчивых модах и тем самым в определенных случаях позволяет точнее определить возникновение опасных с точки зрения устойчивости энергосистемы режимов. Исследование выполнено на примере двух тестовых схем электропередач: 1) предложенной в монографии

Р. Kundur “Power System Stability and Control”, и 2) 57-узловой тестовой схемы IEEE. В качестве инструмента исследования применен программный комплекс MATLAB/Simulink, который эксперты ИПУ оснастили программным обеспечением для вычисления субграмианов. Показано, что в сравнении с традиционным методом модального анализа по собственным значениям матрицы A модели пространства состояний системы этот метод применительно к рассмотренным тестовым схемам преимуществ не выявил. Приведены параметры тестовых моделей, стратегии утяжеления режимов и полученные в этих условиях результаты сравнения двух методов. Отмечено, что 57-узловая тестовая схема IEEE, оснащенная моделями основного оборудования, – может стать частью 118-узловой тестовой схемы IEEE, которая может быть применена для исследования на следующем этапе работ.

Субграмиан $\|W\|_2^2$ – это результат спектрального разложения решения уравнений Ляпунова. Согласно теореме о разложении моды квадрата H_2 -нормы передаточной функции системы в частотной области, уравнение субграмиана, принятое как сумма квадратичных форм, записывают в следующем виде [1]:

$$\|W\|_2^2 = \sum_{k=1}^n G_k, G_k = \frac{b(s_k)b(-s_k)}{N'(s_k)N(-s_k)} \quad 1)$$

где $b(s) \equiv b_{n-1}s^{n-1} + \dots + b_1s + b_0$. G_k представляет собой собственное значение квадрата H_2 -нормы передаточной функции, соответствующее точному значению собственного значения s_k .

С тем чтобы выполнить нормирование результатов вычислений может быть рассмотрена автономная линеаризованная система:

$$\dot{x}(t) = Ax, \quad ($$

$$y = Cx. \quad 2)$$

Для линейного матричного уравнения Ляпунова:

$$PA + A^T P + Q = 0, \quad 3)$$

в случае рассмотрения автономной системы, приемлемо допущение $Q = I$, тогда:

$$PA + A^T P = -I, \quad ($$

4)

где I – единичная матрица.

В работе [2] доказано, что если существует положительно определенное решение уравнения (3) для матрицы A , то для ее спектра справедлива оценка:

$$\operatorname{Re} s_j \leq \frac{1}{2\|P\|}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

Таким образом, вычислив грамиан как решение уравнения (3), можно определить степень устойчивости системы без вычисления спектра системы.

Уравнение (3) имеет аналитическое решение:

$$P = \sum_{j=1}^n P_j, P_j = \operatorname{diag} \left\{ 0 \dots -\frac{1}{2}s_j \dots 0 \right\}. \quad (6)$$

Отсюда из (3) и (5) следует выражение для H_2 -нормы матрицы грамиана:

$$\|P\| = \frac{1}{2} \sqrt{\sum_{j=1}^n |s_j^{-1}|^2}. \quad (7)$$

Степень устойчивости d автономной системы с учетом грамианов может быть определена выражением:

$$d = \frac{1}{2\sqrt{\sum_{j=1}^n |s_j^{-1}|^2}}, \quad (8)$$

из которого видно, что степень устойчивости энергосистемы, в случае учета грамианов, может быть снижена с приближением к границе устойчивости, и особенно сильно - с учетом взаимовлияния слабоустойчивых мод. Именно это обстоятельство не может учесть традиционный метод модального анализа.

Примеры результатов сравнения двух методов оценки степени устойчивости режима энергосистем с целью подтвердить или опровергнуть это заключение приведены на Рис. 1 и Рис. 2. Стратегия утяжеления режима здесь состояла в увеличении коэффициента утяжеления, равного отношению текущей мощности в узле нагрузки к исходной, в одном или нескольких узлах схемы. Схожие результаты сравнения получены в случае утяжеления режима увеличением нагрузок по отдельности, а также в случае моделирования действия PSS на генераторах (на рисунках не приведены).

Параметры тестовой схемы четырехмашинной электропередачи заимствованы из [3], а 57-ми узловой схемы IEEE – из [4]. В расчетных схемах модели паровых турбин представлены стандартной моделью из состава библиотеки MATLAB/Simulink. Синхронные генераторы представлены

моделью шестого порядка с неявнополюсным ротором. Генераторы оборудованы системой возбуждения IEEE DC1A, приведенной в [3]. Нагрузки представлены постоянством сопротивлений.

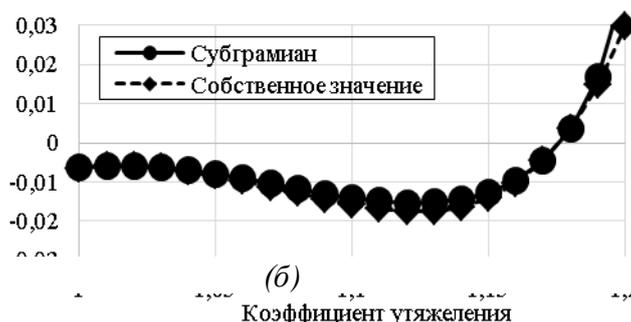
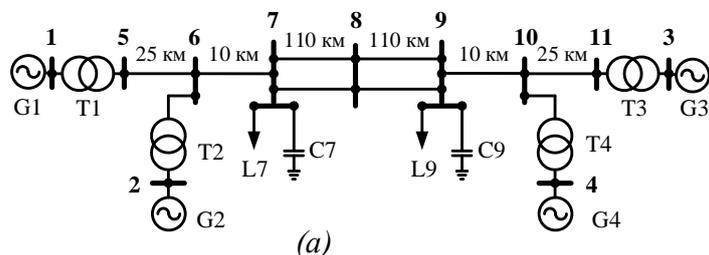


Рис.1. Поведение индикаторов устойчивости в условиях увеличения $L7$ и $L9$: а) – схема четырехмашинной электропередачи; б) – результаты сравнения

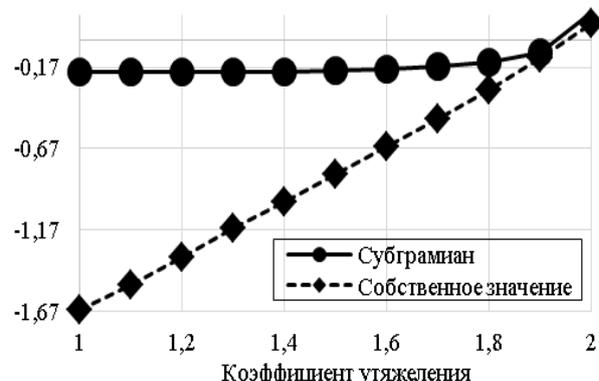
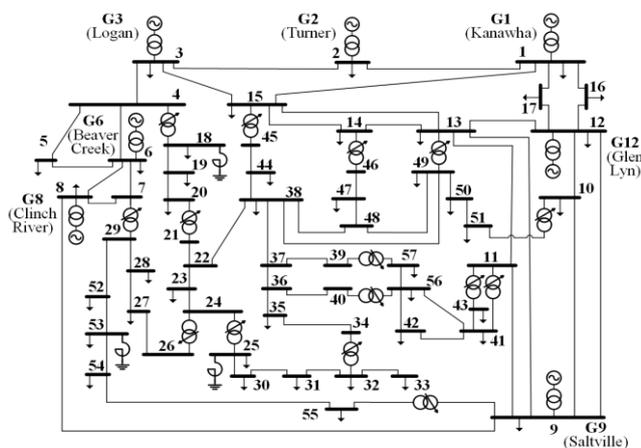


Рис. 2. Поведение индикаторов устойчивости в условиях увеличения нагрузки в узле 9: а) тестовая 57-ми узловая схема IEEE; б) – результаты сравнения

Разработанный в ИПУ РАН математический аппарат направлен на выявление возможного вклада энергии слабоустойчивых мод в общую энергию движения системы. Однако, вычислительные эксперименты, проведенные на двух конкретных расчетных схемах, не выявили явных достоинств рассмотренного варианта метода субграмианов в сравнении с

методом собственных значений. Предположительно, это обстоятельство обусловлено динамическими свойствами конкретных тестовых схем. Достоинства метода, возможно, могут быть обнаружены в случае наличия множественных межсистемных колебаний, условия для возникновения которых в рассмотренных схемно-режимных ситуациях отсутствуют.

Литература

1. Yadykin, I.B., Iskakov, A.B., Akhmetzyanov, A.V. (2014). Stability analysis of large-scale dynamical systems by sub-Gramian approach. *Int. J. Robust. Nonlinear Control*, 24, 1361–1379.
2. Демиденко, Г.В. Матричные уравнения / Новосибирск: Изд-во НГУ, 2009. – 203 с.
3. Kundur, P. *Power Systems Stability and Control*. New York : McGraw-Hill, 1994. 1167 p.
4. Christie, R. Power System Test Archive [Электронный ресурс]. - 1999. – Режим доступа: <http://www.ee.washington.edu/research/pstca>.

V. Kurbatskiy, N. Tomin (B.Г. Курбацкий, Н.В. Томин)

Energy Systems Institute L.A. Melentyev, SB RAS, Irkutsk

**MACHINE TEACHING TECHNOLOGIES IN THE TASK OF
MONITORING AND EVALUATION OF REGIME RELIABILITY OF
ELECTRIC POWER SYSTEMS (ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО
ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ МОНИТОРИНГА
И ОЦЕНКИ РЕЖИМНОЙ НАДЁЖНОСТИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ)¹**

Аннотация

Современные электроэнергетические системы (ЭЭС) продолжают оставаться уязвимыми для крупных системных аварий и каскадных отключений, поскольку большинство предаварийных состояний ЭЭС, приводящих к подобным авариям, являются уникальными, и нет единого "алгоритма" для выявления таких режимов. Кроме того, традиционные численные методы оценки надёжности и устойчивости ЭЭС, ввиду комбинаторной природы проблемы, требуют большого времени вычислений и, следовательно, не могут быть эффективно использованы в режиме реального времени. В свою очередь, методы машинного обучения с их способностями к быстрому распознаванию образов (паттернов, т.е. типичных образцов), обучению/обобщению и, что важно, высокой скоростью идентификации границ неустойчивости дают возможность осуществить альтернативный подход. В данной статье предложена новая автоматическая процедура тестирования различных алгоритмов машинного обучения, позволяющая находить оптимальный тип и структуру модели мониторинга режимов ЭЭС с наименьшей ошибкой классификации состояний системы. В основе подхода используются методы эмпирического оценивания обобщающей способности алгоритмов, такие как перекрёстная проверка и бутстрэппинг. Эффективность предложенного подхода, реализованного на языке программирования R, продемонстрирована с использованием 118-ти узловых тестовой схемы ЭЭС.

Оценка режимной надёжности электроэнергетических систем (ЭЭС) сложной структуры является одной из наиболее актуальных задач современной энергетики. Тенденции к либерализации и необходимость увели-

¹ Данная работа поддержана грантом Российского научного фонда 14-19-00054

чения передачи электроэнергии вследствие роста нагрузки или расширения генерации, заставляет современные энергокомпании эксплуатировать свои электрические сети в критических режимах, близких к их допустимым границам надёжности [1]. При таких режимах непредвиденные сверхнормативные возмущения, слабые соединения, скрытые дефекты системы релейной защиты и автоматики, человеческий фактор, а также огромное количество других факторов могут послужить причиной снижения надёжности системы или даже развития катастрофических аварийных ситуаций. Системные аварии, произошедшие за последние десять лет в энергообъединениях Северной Америки, Европы и Азии наглядно демонстрируют всё возрастающую вероятность крупномасштабных отключений электроэнергии. Это свидетельствует о том, что эффективность систем мониторинга и управления ЭЭС должна быть повышена [2,3].

Режимная надёжность – это способность ЭЭС противостоять внезапным возмущениям без непредусмотренных воздействий на потребителей электроэнергии. В практике эксплуатации необходимый уровень режимной надёжности может быть достигнут как превентивными управляющими воздействиями (УВ), так и противоаварийными УВ. Управление в доаварийных режимах возложено, по большей части, на оперативно-диспетчерское управление. В то же время могут возникать режимные ситуации, когда скорость управления ЭЭС оперативно-диспетчерским персоналом оказывается недостаточной, чтобы избежать опасных ситуаций. При этом сложность задачи заключается в том, что большинство опасных (предаварийных) состояний ЭЭС, приводящих к крупным системным авариям, являются уникальными, и нет единого "алгоритма" для эффективного выявления таких режимов в условиях резкого дефицита времени. Проблема усложняется еще и тем, что граница по надёжности ЭЭС постоянно изменяется. Поэтому необходимы быстродействующие методы мониторинга надёжности в реальном времени, способные анализировать текущий уровень надёжности, точно отслеживать границу и выявлять наиболее уязвимые области вдоль нее.

На данный момент разработан широкий спектр подходов и инструментов для мониторинга и оценки режимной надёжности. К сожалению значительная часть традиционных численных подходов не позволяет эффективно выполнять оценки надёжности в режиме реального времени, что связано с необходимостью находить численные решения нелинейных

уравнений перетоков мощности и проводить исследования переходных процессов с детальным моделированием для всех значимых нарушений режима работы ЭЭС [4]. При этом, эффективное управление крупными ЭЭС в режиме реального времени требует автоматического мониторинга режимов и гораздо более быстрой оценки надёжности ЭЭС. В этом случае методы машинного обучения с их способностями к быстрому распознаванию образов (паттернов, т.е. типичных образцов), обучению/обобщению и, что важно, высокой скоростью идентификации границ неустойчивости, могут обеспечить эффективное решение при работе в режиме реального времени. Многие исследователи считают, что алгоритмы машинного обучения, такие как искусственные нейронные сети (ИНС), деревья принятия решений, модели глубинного обучения и т.д., позволяют эффективно отслеживать опасные предаварийные режимы ЭЭС и предсказывать аварийные ситуации.

В статье предлагается новый автоматизированный подход на базе моделей машинного обучения для оценки режимной надёжности ЭЭС в режиме реального времени (рис. 1). Основная идея при таком подходе заключается в построении универсального классификатора состояний ЭЭС, способного на основе определённых индексов надёжности системы отслеживать опасные предаварийные режимы и предсказывать аварийные ситуации [5]. Инновационным в подходе является использование автоматической процедуры эмпирического оценивания обобщающих способностей моделей, таких как ИНС, деревья решений, машина опорных векторов и т.п., включённых в тестовое исследование. Для этого применяются методы создания повторных выборок (многократный бутстреп, несколько видов перекрестной проверки). Для каждой из моделей машинного обучения, включённых в процедуру, задаются параметры процесса обучения и, в результате множественных тестовых испытаний, определяются такие параметры, при которых удаётся достичь наименьшей ошибки классификации. После того, как для каждой отдельной модели найдены оптимальные настройки, предложенный подход осуществляет выбор окончательной модели, по принципу «лучшей из лучших», с наименьшей ошибкой классификации на всём ансамбле анализируемых алгоритмов машинного обучения. Такая модель используется для оценки режимной надёжности ЭЭС в режиме реального времени и уже не требует дополнительных настроек.

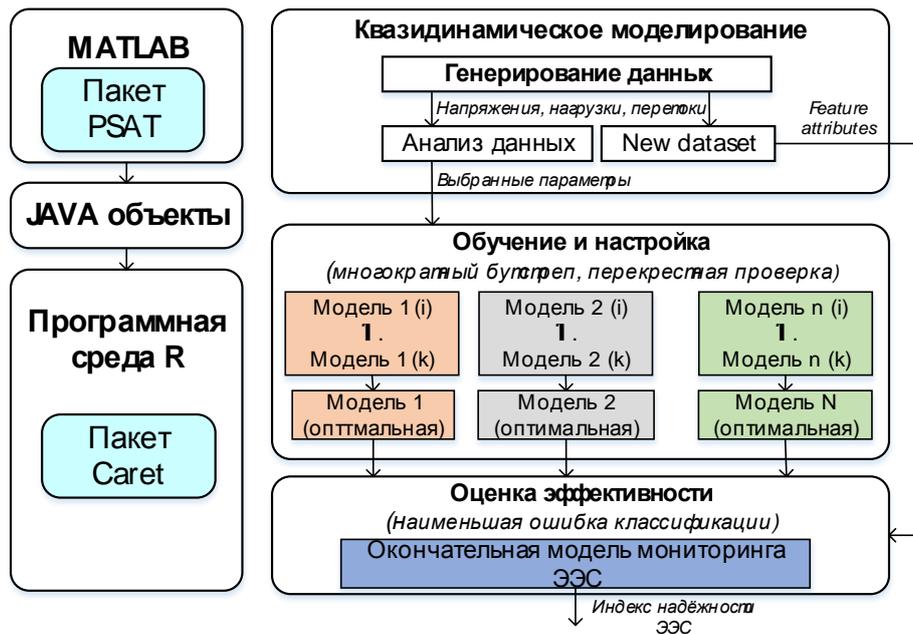


Рис. 1. Общая схема автоматической процедуры нахождения оптимальной модели машинного обучения для решения задачи оценки режимной надёжности ЭЭС в режиме реального времени.

В данной статье предлагаемая модель была протестирована на модифицированной 53-узловой электрической схеме IEEE RTC-96. База данных возможных состояний ЭЭС для обучения моделей была сформирована с использованием квазидинамического моделирования в среде MATLAB. Метод пропорционального утяжеления по всем узлам тестовой схемы был оптимизирован для анализа надёжности таким образом, что начальным режимом для каждого аварийного возмущения принимался наиболее близкий к нему устойчивый режим из уже посчитанных.

В дальнейшем, модели машинного обучения были построены для классификации состояний тестовой схемы: многослойный персептрон, машина опорных векторов, нейронная сеть Кохонена, алгоритм Extreme Learning Machine, алгоритм Random Forest и алгоритм деревьев решений CART. Результаты расчётов представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 явствует, что лучшие показатели для схемы IEEE RTC-96 на тестовом ансамбле моделей показал алгоритм Random Forest, точность классификации состояний которого составляет 99,90%. Другими словами, только в 0,10% случаев данный алгоритм неверно классифицировал состояния системы с точки зрения обнаружении опасных состояний.

Таблица 1

Результаты работы автоматической процедуры нахождения оптимальной модели оценки режимной надёжности ЭЭС

Алгоритмы машинного обучения	Метрики оценки точности классификации состояний тестовой ЭЭС		
	Precision	Recall	F-score
Многослойный перцептрон	0.8912	0.9297	0.8903
Машина опорных векторов	0.9847	0.9800	0.9821
Сеть Кохонена	0.9969	0.9971	0.9970
Extreme Learning Machine	0.9437	0.9057	0.9222
Random Forest	0.9989	0.9992	0.9990
CART	0.9964	0.9969	0.9966

При необходимости, окончательная модель оценки надёжности может быть обновлена, для того чтобы учесть новые изменения состояний анализируемой ЭЭС настолько точно, насколько это возможно. Результаты показали, что предложенный автоматизированный подход на базе моделей машинного обучения способен выявить потенциальные опасные состояния с высокой точностью и, если требуется, полученная модель может посылать сигнал для срабатывания систем релейной защиты и автоматики с целью предотвращения развития крупной системной аварии.

Литература

1. Курбацкий В.Г. Мониторинг и оценка режимной надёжности ЭЭС на базе алгоритмов машинного обучения / В.Г. Курбацкий, Н.В. Томин // Сб. докладов 86-ого научного семинара «Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики, Санкт-Петербург. - 2014. - С. 233-241

2. IEEE PES PSDP Task Force on Blackout experience, mitigation, and role of new technologies, blackout experiences and lessons, Best practices for system dynamic performance, and the role of new technologies. IEEE Special Publication 07TP190, July 2007.

3. Wang X., Shao W., Vittal V. Adaptive corrective control strategies for preventing power system blackouts in Proc. of 15th PSCC, Liege, 2005

4. Осак А.Б. Методы экспресс-анализа в задаче оценки режимной надёжности с учетом краткосрочного прогнозирования поведения системы. / А.Б. Осак и [др.] // Сб. докладов 86-го научного семинара «Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики», Санкт-Петербург, 2014.

5. Negnevitsky M., Tomin N., Zhukov A., Rehtanz Ch., Kurbatsky V. "Random Forest-Based Approach for Voltage Security Monitoring in a Power System", IEEE International Conf. on Electric Power Engineering PowerTech 2015, Eindhoven, Netherlands, 2015.

G. Lyu, V. Chayka, A. Muchkin (Г.П. Лю, В.С. Чайка, А.Ю. Мучкин)

FEFU, Vladivostok

**PROTECTION AGAINST GROUND FAULTS
IN THE INTELLIGENT NETWORKS OF THE INDUSTRIAL
ENTERPRISES (ЗАЩИТА ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ
В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ)**

Аннотация

В работе рассмотрены последствия возникающие при однофазных замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью. Приведены основные виды защит от замыканий на землю. Показаны основные факторы, влияющие на допустимое время отключения однофазных замыканий на землю. Предложен алгоритм определения времени отключения однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью напряжением 6 – 10 кВ, позволяющий автоматизировать действие защиты от замыканий на землю.

В настоящее время защита от замыканий на землю не имеет строго детерминированной технологии. При однофазных замыканиях ток в месте повреждения имеет небольшие значения (до 30 ампер), поэтому этот ток не является непосредственной причиной повреждения электрооборудования. В этой связи замыкание на землю в отличие от короткого замыкания, в ряде случаев, не требует незамедлительного отключения поврежденного участка. Ряд участков сети (сборные шины ГПП, РП) обычно вообще не имеют автоматических устройств определения и отключения замыкания на землю.

При замыкании на землю не искажается треугольник линейных напряжений. В этих условиях потребитель сохраняет нормальный режим работы, поэтому отсутствуют жесткие требования по немедленному от-

ключению поврежденной линии, что считается основным достоинством сетей с изолированной нейтралью [1].

Сети, питающие торфяные и нефтеперерабатывающие электроустановки, передвижные строительные механизмы, открытые строительные площадки должны отключаться мгновенно по условиям безопасности [2]. Остальные же сети допустимо отключать с некоторой выдержкой времени (согласно «типовой инструкции по предотвращению и ликвидации аварий в электрической части энергосистем» выдержка времени может быть от 0 до 6 часов). В процессе исследования выявлены основные факторы, влияющие на допустимое время отключения однофазного замыкания на землю (ОЗЗ). Такими факторами являются:

- действующие значения тока и напряжения во всех фазах поврежденной линии;
- протяженность линии;
- способ прокладки кабеля;
- толщина и материал изоляции кабеля;
- сечение и материал токопроводящих жил кабеля;
- уровень перенапряжений и частота их воздействия;
- категория потребителя;
- наличие у потребителя резервного питания;
- температура окружающей среды;
- срок эксплуатации линии и оборудования;
- величина ущерба от перерыва питания.

Представленные выше влияющие факторы разнородны, включают в себя как численные значения, так и термины вида «много», «мало», «часто», «редко», «наличествует», «отсутствует», «высокий», «низкий». Такую информацию трудно интерпретировать и обрабатывать, а тем более представлять ее в виде допустимой продолжительности работы сети с ОЗЗ, то есть времени, в часах.

В связи с этим для определения допустимого времени отключения ОЗЗ предлагается алгоритм его формирования на основе нечеткой логики, с помощью пакета Fuzzy Logic Toolbox ППП Matlab, входными параметрами которой являются перечисленные выше влияющие факторы, а выходным параметром – число, которое интерпретируется как допустимая продолжительность работы сети с ОЗЗ в часах.

В результате, в командном окне Matlab получаем значение времени для конкретного присоединения, на основе которого принимается реше-

ние о продолжительности эксплуатации поврежденной линии до перевода потребителя на другие источники питания или его отключения.

Разработанный алгоритм позволит интеллектуализировать защиту от замыканий на землю в сетях промышленных предприятий.

Известно, что ОЗЗ является наиболее частым видом повреждения в электрических сетях (в пределах до 70 – 80% от общего числа нарушений нормальной работы сетей). Например, в расчете на 100 км длины линий сетей происходит в среднем 26 отключений в год, в среднем на 4 млн. км приходится 1,040 млн. отключений, из них от 832 тыс. до 936 тыс. отключений вызвано ОЗЗ. Несмотря на то, что сам ток ОЗЗ не представляет большой опасности, ОЗЗ нередко сопровождаются высоким уровнем перенапряжений при перемежающихся дуговых замыканиях на землю, что приводит повреждению оборудования и возникновению множественных повреждений изоляции. Поэтому разработка адаптивной защиты от замыканий на землю является актуальной задачей.

Литература

1. Андреев В.А. релейная защита и автоматика систем электро-снабжения: Учебник для вузов / В.А. Андреев. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 639 с.

2. Правила устройства электроустановок. – М.: КНОРУС, 2013. – 488 с.

¹ M. Mikheev, ¹ A. Andreev, ¹ M. Andreev, ¹ O. Yasarevskaya,
² A. Gerasimenko (М.Ю. Михеев, А.Б. Андреев, М.А. Андреев,
О.Н. Ясаревская, А.В. Герасименко)

¹Penza State Technological University, Penza

²FEFU, Vladivostok

**INTEGRATED-FINITE-TRANSFORMATION OF INFORMATION
MONITORING SYSTEMS OF TECHNICALLY COMPLEX
FACILITIES IN THE ENERGY SECTOR (ИНТЕГРАЛЬНО-
КОНЕЧНОРАЗНОСТНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ
ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ
ОБЪЕКТОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ)**

Аннотация

Статья посвящена развитию теоретических основ помехоустойчивого преобразования информации, например, для систем контроля технически сложных объектов в энергетике. Показано, что для этой цели наиболее полно подходит применение операции скользящего интегрирования с последующей обработкой текущих средних значений с помощью конечных разностей четного порядка. Такой подход позволяет сделать время преобразования полезного сигнала гораздо меньше периода сопутствующей ему помехи при сохранении свойства помехоподавления. С повышением четного порядка конечной разности увеличивается частотная избирательность, особенно в отношении подавления низкочастотных помех и широкополосных внутренних шумов преобразующих устройств.

Постановка задачи

Общим свойством объектов энергетике и ее инфраструктуры является их высокая энергонасыщенность и, как следствие, высокая концентрация неинформативных составляющих, в первую очередь в виде электромагнитных помех (ЭМП) большой интенсивности и с широким спектром частот. В этом случае самыми уязвимыми являются процессы передачи и преобразования информации от первичных сенсоров при ее вводе в вычислительный комплекс для дальнейшего анализа и принятия решений о состоянии объекта. При этом сложность задачи обуславливается еще и тем, что время существования исходной информации с первичных сенсоров может составлять менее 20 миллисекунд. Последнее обстоятельство обуславливает необходимость, с одной стороны – иметь соразмерное вре-

мя преобразования полезного сигнала, а с другой стороны – обеспечить независимость результата его преобразования от помехи.

Известные к настоящему времени способы борьбы с ЭМП, например, [1], особенно нормального вида не в состоянии эффективно разрешить указанное противоречие, так как либо они хорошо борются с помехами, имея большое время преобразования, либо при малом времени преобразования не имеют свойств помехоподавления.

Решение задачи

Для разрешения указанного противоречия ниже авторами предлагается совокупное использование интегрального преобразования аддитивной смеси полезного сигнала и ЭМП и конечноразностной обработки получаемой при этом последовательности средних значений, получаемых на примыкающих отрезках времени. При этом целесообразно использовать конечные разности только четного порядка $2n$ ($n \in \{N\} = 1, 2, 3, \dots$), так как в этом случае не возникнет проблем с фазовыми соотношениями исходного сигнала и конечного результата преобразования, поскольку разность их фаз будет всегда равна нулю.

Таким образом, совокупное интегрально-конечноразностное преобразование (ИКРП) содержит два алгоритмических шага:

1. Формирование временного ряда из $2n+1$ средних значений $Y_{i+j-n}(2n, \omega T_u)$ аддитивной смеси информативного сигнала и неинформативного гармонического сигнала (помехи).

Для идентификации результата преобразования ИКРП во временной и частотной областях в качестве тестового сигнала $x(t)$ возьмем гармоническую функцию:

$$x(t) = U_m \sin \omega t, \quad (1)$$

где $\omega = 2\pi f$ – частота тестового сигнала, принимающая значения от 0 до ∞ .

Указанные средние значения определяются на примыкающих друг к другу и равных между собой отрезках времени $T_u = \text{const} \neq 0$ в виде общего выражения:

$$Y_{i+j-n}(2n, \omega T_u) = \frac{1}{T_u} \int_{t+(j-n-0,5)T_u}^{t+(j-n+0,5)T_u} x(t) dt = \frac{\sin 0,5\omega T_u}{0,5\omega T_u} U_m \sin \omega [t + (j-n)T_u], \quad (2)$$

где $j \in \{0, 1, 2, \dots, 2n\}$ – параметр, который для любого n последовательно принимает указанные значения, образуя тем самым $2n+1$ отсчетов средних значений.

При этом из общего числа $2n+1$ средних значений часть из них числом n с номерами, соответствующими $j=0, \dots, n-1$, располагаются по оси времени слева от центрального среднего значения I_i , отнесенного к текущему времени t ($j=n$). Еще n средних значений с номерами, соответствующими $j=n+1, \dots, 2n$, лежат справа.

2. Формирование четной конечной разности $\Delta^{2n}(I_i)$ из $2n+1$ средних значений $Y_{i+j-n}(2n, T_u)$ в соответствии с выражением:

$$\Delta^{2n}(I_i) = \sum_{j=0}^{2n} (-1)^j C_{2n}^j Y_{i+j-n}, \quad (3)$$

где $C_{2n}^j = \frac{(2n)!}{j!(2n-j)!}$ – биномиальные коэффициенты.

Подставляя выражение (2) в соотношение (3) и проведя математические преобразования, получим окончательный результат ИКРП $Y(2n, \omega T_u)$ в виде:

$$Y(2n, \omega T_u) = \Delta^{2n} = \left[(-1)^n 2^{2n} \frac{\sin^{2n+1} 0,5\omega T_u}{0,5\omega T_u} \right] X_m \sin \omega t. \quad (4)$$

Сравнивая выражения (4) и (1), заметим, что, во-первых, начальная фаза обоих выражений равна нулю, следовательно, не возникает никакой неопределенности относительно фазовых сдвигов вход-выход, а во-вторых, обобщенному выражению (4) соответствует обобщенная амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) ИКРП в виде:

$$A_{2n}(\omega T_u) = 2^{2n} \left| \frac{\sin 0,5\omega T_u}{0,5\omega T_u} \sin^{2n} 0,5\omega T_u \right|. \quad (5)$$

Графики АЧХ ИКРП в соответствии с выражением (5) представлены на рис. 1, где для определенности порядок конечной разности соответствует значениям $n=0, 1, 2, 3, 10$, а размер отрезка времени интегрирования взят $T_u=1$ мс. При $n=0$ имеем случай чисто интегрального преобразования на единственном отрезке времени $T_u=1$ мс, то есть, без конечноразностной обработки. Кроме того, графики изображены нормированными, то есть, выражение (5) поделено на коэффициент 2^{2n} .

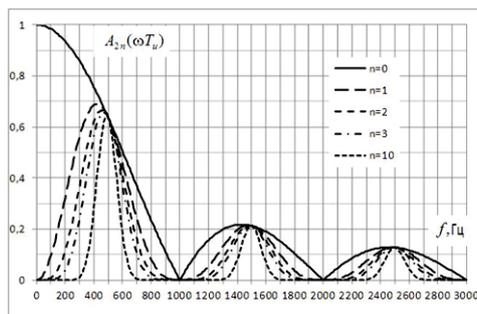


Рис. 1. График АЧХ $A_{2n}(\omega T_u)$ ИКРП при $n = 0, 1, 2, 3, 10$

Результаты и выводы

Из рис.1 видно, что:

Во-первых, применение конечно-разностной обработки существенным образом трансформирует исходную АЧХ $A_0(\omega T_u)$, характеризующую избирательные свойства интегрального преобразования вида (2). В частности, спектр становится нечувствительным к постоянной составляющей, и существенно снижается чувствительность к низкочастотной составляющей спектра входного воздействия и собственных шумов.

Во-вторых, при увеличении порядка $2n$ четной конечной разности возрастает избирательность АЧХ, так как главный и боковые лепестки существенно уменьшают свою площадь за счет их сужения.

В-третьих, следует также отметить, что АЧХ ИКРП в соответствии с выражением (5) является функцией трех переменных, а именно: частоты $f = \omega / (2\pi)$ входного воздействия, отрезка времени T_u ее интегрирования и порядка $2n$ четной конечной разности, что требует отдельного обсуждения.

Из рис. 1 видно, что все эти три величины определяют местоположение на оси частот экстремума главного лепестка АЧХ ИКРП, а также его размер. Для упрощения рассуждений примем, что для конкретного случая применения ИКРП априорно заданы величины: $T_u = const \neq 0$, $2n = const \neq 0$, а свободно варьируемой переменной является лишь частота $f = \omega / (2\pi)$. В этом случае условия экстремума главного лепестка АЧХ ИКРП в соответствии с выражением (5) при условии его нормировки определяются из уравнения:

$$\frac{dA_{2n}(\omega T_u)}{df} = \frac{d}{df} \left[\frac{\sin 0,5 \omega_e T_u}{0,5 \omega_e T_u} \sin^{2n} 0,5 \omega_e T_u \right] = 0, \quad (6)$$

где $\omega_e = 2\pi f_e$ – частота экстремума.

Из уравнения (6) следует, что для первого квадранта (главный лепесток АЧХ) частота главного экстремума будет равна:

$$f_e = 1 / (2T_u). \quad (7)$$

В частности, при $T_u = 1$ мс частота экстремума $f_e = 500$ Гц, а значение главного экстремума выражения (5) при $n \rightarrow \infty$ будет $A_\infty(\pi/2) \approx 0,637$. Причем, функция (5) на частоте 500Гц принимает одно и то же значение, примерно равное 0,637, независимо от n . При возрастании показателя n частота f_e экстремума увеличивается, стремясь к своему истинному значе-

нию, определенному выражением (7). При этом, уже начиная с $n=10$, размер самого экстремума по сравнению со значением при $n \rightarrow \infty$ меняется не более чем на 1 %.

Следует также отметить практическую независимость размера экстремума главного лепестка АЧХ ИКРП от вариации размера отрезка времени $T_u = const \neq 0$ при заданном значении показателя n .

Отметим еще одну особенность рассмотренного ИКРП, касающуюся размера общего времени преобразования. На первый взгляд, общее время преобразования T_{np} , как это следует из контекста, составляет $T_{np} = (2n + 1)T_u$. Однако, если применить конвейерный принцип получения конечного результата, то есть, сдвигаясь на шаг, равный T_u , отождествлять промежуточный результат Y_{i+1} с Y_i , а Y_i с Y_{i-1} и т.д., то по прошествии каждого отрезка времени T_u , будем получать результат общего преобразования. Таким образом, общее время преобразования, начиная со второго цикла, будет равно $T_{np} = T_u$, что особенно важно при применении конечных разностей высоких порядков.

Литература

1. Андреев М.А., Андреев А.Б. Уменьшение влияния гармонических помех в информационно-измерительных системах // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: периодическое научное издание. Серия: Технические науки. Информационные технологии. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та. 2015. № 03(25). Т. 1. С. 98 – 104.

*1 M. Mikheev, 1 E. Mesheryakova, 1 V. Roganov, 2 A. Gerasimenko,
2 D. Turkin, 1 O. Yasarevskaya (М.Ю. Михеев, Е.Н. Мещерякова,
В.Р. Роганов, А.В. Герасименко, Д.Г. Туркин, О.Н. Ясаревская)*

¹Penza State Technological University, Penza

²FEFU, Vladivostok

**THE METHOD OF ORGANIZATION OF DATA SUPPORT
OF MONITORING SYSTEM AND CONTROL OF FAULTS
IN ELECTRICAL EQUIPMENT AND POWER QUALITY
IN THE TECHNICAL INDUSTRIAL FUNCTION COMPLEX (МЕТОД
ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ
КОМПЛЕКСЕ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ)**

Аннотация

В связи со сложившейся парадоксальной ситуацией появления избыточности данных при их недостатке, поиск новых методов организации информационного обеспечения системы мониторинга и контроля неисправностей электрооборудования и качества электропитания в техническом комплексе промышленного назначения является важной и актуальной задачей. Представленный в данной работе метод позволит описать информационное пространство Системы контроля технических комплексов (СК ТК), что дает возможность реализации моделей, алгоритмов функционирования системы с минимальными ошибками проектирования, тестирования и реализации СК ТК.

Технические комплексы промышленного назначения (ТК) должны обладать свойствами надежности и безопасности. Однако, анализ состояния ТК [1-3] показал, что в настоящее время причиной неисправностей является несвоевременное выявление неисправностей различного рода, в том числе и неисправностей электрооборудования и качества электропитания. Следовательно, появляется задача обеспечения своевременного анализа качества сети электропитания технического комплекса промышленного назначения. В связи с выделенной проблемой, построение комплексной системы мониторинга и контроля неисправностей электрообо-

рудования и качества электропитания является актуальной и важной задачей. Для выполнения поставленной задачи необходимо разработать метод организации информационного обеспечения СК ТК, который позволит разработать алгоритмы и методы сбора и анализа данных о состоянии объектов, минимизируя появление ошибок при проектировании

Система мониторинга и контроля неисправностей электрооборудования и качества электропитания (СК ТК)– аппаратно-программный комплекс, предназначенный для сбора информации о состоянии электрооборудования в ТК, а так же о качестве электропитания в сети.

Особое место при разработке СК ТК занимает проектирование алгоритмов и методов сбора и анализа информации, необходимых для своевременного предотвращения аварийных ситуаций технических объектов. Анализ современного состояния разработок в данной предметной области показал [4-7], что переход от одноканальных к многоканальным и иерархическим структурам систем сбора и обработки информации, с учетом возрастающего быстродействия микропроцессорной техники относительно легко решает задачу увеличения количества получаемых мониторинговых данных, однако, данный фактор приводит к появлению избыточности данных, что приводит к парадоксальному явлению – кажущийся избыток данных при ее недостатке. Разрабатываемый метод организации информационного обеспечения СК ТК должен описывать все достоинства и достижения современных вычислительных систем, учитывать тенденции ее развития и имеющиеся ограничения технических возможностей.

Первоначальным этапом разработки системы мониторинга и контроля неисправностей электрооборудования и качества электропитания технического комплекса промышленного назначения является разработка моделей системы и выделение информативных составляющих. Для этого был проведен анализ нормативных документов и патентной литературы. В общем случае стоит отметить, что мониторинговые модели можно представить в виде совокупности информационно-структурных, вербально-логических и адаптивных нейросетевых моделей, описывающих изменения состояния как электрооборудования, так и позволяющих контролировать состояния качества электроэнергии в техническом комплексе промышленного назначения. Процесс разработки мониторинговых моделей должен носить итерационный характер, начиная с моделей, разрабатывае-

мых на основе нормативных документов, которые должны постепенно уточняться по мере сбора информации о работе СК ТК.

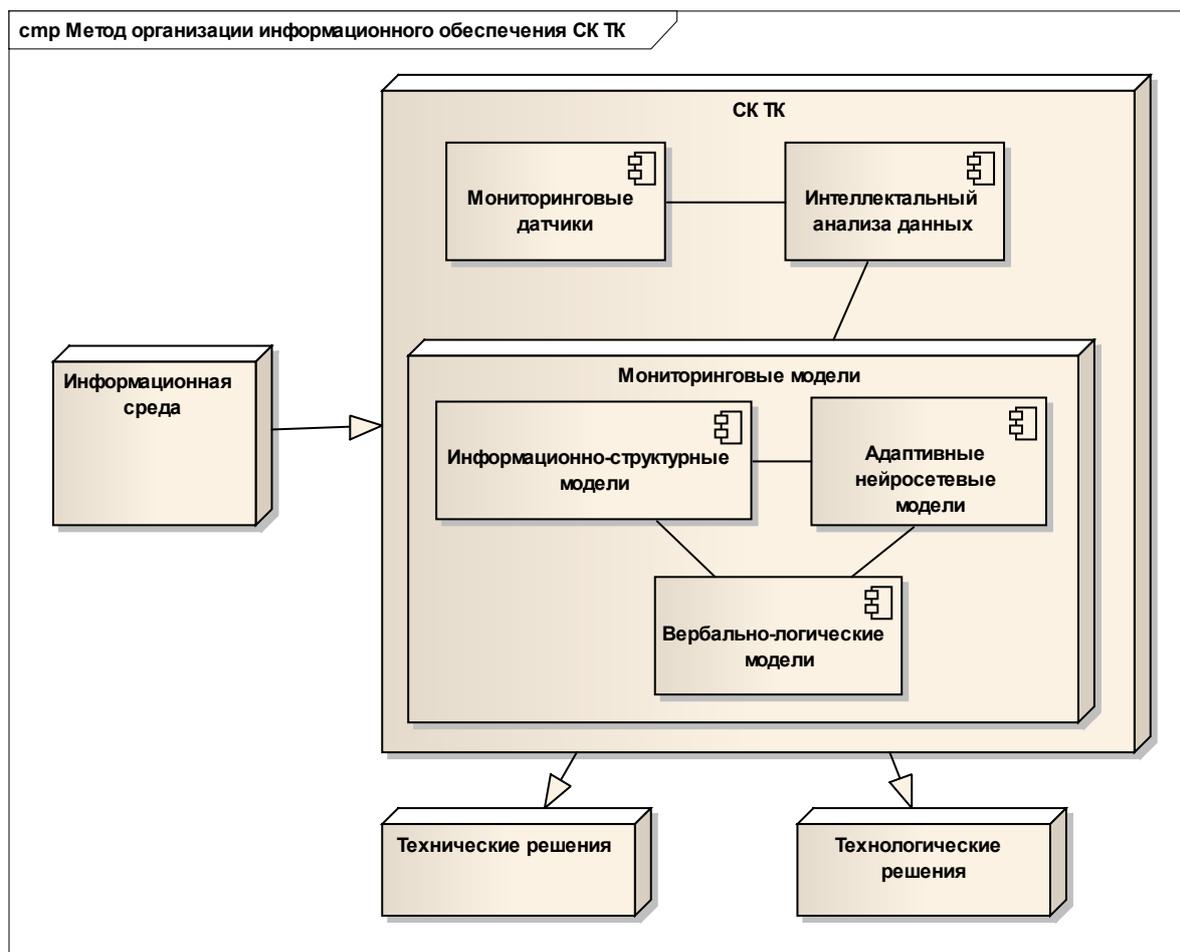


Рис. 1. Метод организации информационного обеспечения СКТК

На втором этапе полученных мониторинговые модели уточняются с учетом особенностей реализации процедур преобразования информации от датчиков, производящих сбор информации о состоянии сети электропитания и качества электроэнергии в сети ТК.

На третьем, заключительном этапе, на основе синтезированных моделей строится сеть мониторинговых датчиков аналоговых, аналого-цифровых и цифровых преобразователей, проводных и беспроводных каналов связи с учетом возможностей современных средств вычислительной техники и соответствующих инструментальных погрешностей.

Разработанный метод организации информационного обеспечения СК ТК является научным обоснованием технических и технологических решений, обеспечивающих информационную поддержку принятия решений в иерархической системе управления и мониторинга состояния элек-

трооборудования и качества электроэнергии в техническом комплексе промышленного назначения. Следует отметить, что разработанный метод позволяет минимизировать ошибки при проектировании, тестировании и реализации системы.

Литература

1. Патент на изобретение RUS 2457617 Способ интегрирующего аналого-цифрового преобразования напряжения // Куц А.В., Михеев М.Ю., Пискаев К.Ю., Юрманов В.А.

2. Патент на изобретение RUS 2396570 Способ интегрирующего преобразования сигналов низкого уровня в разность интервалов времени // Михеев М.Ю., Юрманов В.А., Куц А.В., Володин К.И., Гудков К.В.

3. Гемст В.К., Роганов В.Р. Техническая диагностика микропроцессорных систем релейной защиты и автоматики энергосистем / конспект лекций. – Рига: Рижский политехнический институт, 1983. – 72 с.

4. Дмитриенко А.Г., Михеев М.Ю., Юрманов В.А., Пискаев К.Ю. Повышение точности средств измерения системы контроля показателей качества электроэнергии стартового комплекса // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2012. – № 2. – С. 69-80.

5. Северин В.А., Кузнецов А.А., Михеев М.Ю., Семочкина И.Ю. Имитационное моделирование процедуры нейросетевой идентификации двумерного радиолокационного сигнала // Вопросы радиоэлектроники. – 2009. – Т. 4. – № 4. – С. 114-120.

6. Михеев М.Ю., Прокофьев О.В., Савочкин А.Е., Линкова М.А. Математические и информационно-структурные модели прогнозирования состояния технически сложных объектов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – № 4 (32). – С. 232-249.

7. Михеев М.Ю., Жашкова Т.В., Семочкина И.Ю., Роганов В.Р., Щербань А.Б. Математические и информационно-структурные модели эргатических систем / монография // Пенза, 2015.

*S. Pavlenko, N. Ignatev, N. Silin (1 С.В. Павленко, 2 Н.И. Игнатъев,
2 Н.В. Силин)*

¹LLC "TPP", Russia; ²FEFU, Vladivostok

**EXPERIENCE OF APPLICATION OF ELECTROMAGNETIC
CONTROL FOR TECHNICAL DIAGNOSTICS OF ELECTRIC POWER
EQUIPMENT LLC "TRANSNEFTELEKTROSETSERVIS" ("TES",
LLC) (ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОН-
ТРОЛЯ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕК-
ТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ООО «ТРАНС-
НЕФТЬЭЛЕКТРОСЕТЬСЕРВИС»
(ООО «ТЭС»))**

Аннотация

В работе демонстрируются возможности применения методики электромагнитного контроля высоковольтного электроэнергетического оборудования на примере оценки технического состояния силовых трансформаторов (далее – трансформаторов) 110 кВ, установленных на ПС 110 кВ ГНПС – 1 МН «Куюмба-Тайшет» ООО «ТЭС». Приведены спектры собственного электромагнитного излучения для трансформаторов Т1 и Т2 типа ТДН 10000/110-ХЛ1 в режимах холостого хода и под нагрузкой. Представлены результаты электромагнитной паспортизации и ранжирования трансформаторов.

Активное строительство в России магистральных нефтепроводов сопровождается организацией новых систем электроснабжения, введением в строй электрических подстанций. Повышенная ответственность выполняемых функций и высокая цена отказа оборудования, установленного на подстанциях, вынуждают уделять повышенное внимание обеспечению таких качественных показателей, как надежность, безопасность, отказоустойчивость. Основным принципом новых технологий управления техническим состоянием электроэнергетического оборудования является обеспечение проведения диагностических мероприятий без вмешательства в технологический процесс. В докладе отмечено, что среди всей гаммы электроэнергетического оборудования, применяемого на нефтеперекачивающих станциях (НПС) организаций системы Транснефть, особое внимание уделено трансформаторам напряжением от 35 кВ до 220 кВ.

Отмечено, что на подстанциях НПС установлены как новые, так и имеющие различные сроки эксплуатации трансформаторы. В докладе представлен анализ наиболее перспективных методов оценки технического состояния трансформаторов, обеспечивающих раннюю диагностику дефектов. Отмечается все возрастающая роль электромагнитного способа контроля в системе комплексной диагностики. Показано, что использование этого метода на этапах ранжирования и периодической диагностики позволяет обеспечить выявление дефектов на ранней стадии их появления и развития.

В докладе представлены результаты электромагнитного контроля трансформаторов Т1, Т2 типа ТДН 10000/110-ХЛ1, установленных на подстанции ГНПС-1 магистрального нефтепровода «Куюмба-Тайшет». При проведении обследований были измерены спектры собственного электромагнитного излучения трансформаторов в определенных информационных диапазонах в режимах холостого хода и под нагрузкой. Полученные данные использованы для формирования электромагнитных паспортов трансформаторов, а также для их ранжирования, тем самым создав базу для разработки рекомендаций по организации технического обслуживания и ремонта.

*D. Panasetkiy, N. Tomin, V. Kurbatskiy, D. Sidorov,
A. Osak (Д.А. Панасецкий, Н.В. Томин, В.Г. Курбацкий,
Д.Н. Сидоров, А.В. Осак)*

Energy Systems Institute L.A. Melentyev, SB RAS, Irkutsk

**MULTIAGENT ALGORITHM OF PREVENTIVE EMERGENCY
MANAGEMENT TO PREVENT VOLTAGE COLLAPSE IN POWER
SYSTEMS (МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ ПРЕВЕНТИВНОГО
ПРОТИВОАВАРИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ
ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЛАВИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ В
ЭНЕРГОСИСТЕМАХ)²**

Аннотация

В последние десять лет отключения в энергообъединениях Северной Америке, Европе и Азии наглядно демонстрируют повышение вероятности крупных системных аварий. Подобные аварии обычно происходят в результате определённых чрезвычайных событий в электроэнергетических системах (ЭЭС). Как показывает практика эксплуатации на определённом этапе развития аварийной ситуации в ЭЭС могут возникать сверхнормативные возмущения, в результате чего послеаварийный режим будет являться нерасчетным для существующих средств противоаварийного управления (ПАУ), а также для оперативно-диспетчерского персонала. По этой причине существующие системы противоаварийной автоматики, а также действия Системного оператора могут оказаться неэффективными для предотвращения последующего катастрофического развития аварии. В последнее время мультиагентные системы были предложены в качестве эффективного инструмента для интеллектуального управления ЭЭС. В данной статье, авторами предложен децентрализованный мультиагентный алгоритм превентивного противоаварийного управления для предотвращения лавины напряжения, как наиболее частого виновника крупных системных аварий. Эффективность предложенного подхода была продемонстрирована на нескольких тестовых схемах IEEE разной размерности. Результаты исследований показали определённые преимущества использования мультиагентного подхода, в сравнении с традиционным ПАУ ЭЭС.

² Данная работа поддержана грантом Российского научного фонда 14-19-00054

Вопросы устойчивости и токовой перегрузки связей крайне важны при проектировании и эксплуатации энергосистем (ЭЭС). Можно выделить три характерных вида ограничений: токовые ограничения (термическая стойкость элементов сети), ограничения по напряжению (устойчивость узлов нагрузки), ограничения по параллельной работе генераторов (устойчивость параллельной работы генераторов). Преобладание того или иного ограничения напрямую связано со структурными особенностями рассматриваемой ЭЭС. Токовые ограничения и ограничения по напряжению являются определяющими для систем со сложной многоконтурной структурой, в которых преобладают линии средней протяженности (крупные промышленные центры, сети мегаполисов). Характерными примерами таких ЭЭС являются большинство западных энергообъединений (ЭО). Устойчивость параллельной работы генераторов является основным ограничивающим фактором при исследовании протяженных межсистемных связей и ЭЭС, для которых характерно наличие длинных линий. В связи с географической протяженностью территории, удаленностью производителей и потребителей электрической энергии основополагающей для ЭЭС России является устойчивость параллельной работы генераторов.

В последние десятилетия в ЭЭС промышленно развитых стран мира (США и страны Европейского Союза) происходили крупные системные аварии, повлекшие за собой значительный ущерб [1-3]. Современное развитие экономики России в условиях рынка способствует формированию крупных промышленных и деловых центров, свойства электросетевой структуры которых схожи со свойствами западных ЭО. Можно ожидать, что в ближайшем будущем системные аварии в сетях мегаполисов и крупных промышленных центров России будут протекать по «западному» сценарию. При этом определяющим фактором будет устойчивость узлов нагрузки потребителей, а не устойчивость параллельной работы генераторов. Первой крупной системной аварией по «западному» сценарию, произошедшей в ЭЭС России, была авария в Московской ЭС в мае 2005 года [4-5]. Данная авария произошла при нормальной частоте, когда после отключения ряда линий в результате лавинообразного снижения напряжения произошло отключение значительной генерирующей мощности и большого числа потребителей. Таким образом, задача противодействия лавине напряжения в ЭЭС России становится все более актуальной.

Системы противоаварийного управления (ПАУ) призваны не допускать нарушения устойчивости. Ключевая роль в ликвидации аварийной ситуации принадлежит именно системам противоаварийной автоматики (ПА). Анализ, выполненный в работах отечественных и зарубежных авторов, позволил определить ряд недостатков современных систем ПАУ, которые явились причиной катастрофического развития аварий в западных ЭО [6]. В качестве основных можно выделить низкий уровень отказоустойчивости элементов, а также отсутствие координации локальных устройств. Данные недостатки свойственны и отечественной системе ПАУ. Следовательно, разработка средств противодействия лавине напряжения должна, в том числе, обеспечить координацию локальных устройств ПА с учетом повышенных требований к отказоустойчивости.

Повышение отказоустойчивости систем ПАУ возможно за счет повышения уровня избыточности (переход к критериям N-2 и N-3). Однако излишняя избыточность, как правило, связана с неоправданно высокими финансовыми затратами, а в ряде случаев, и в принципе нереализуема. Проблема координации локальных устройств может быть решена путем передачи функций координации комплексам ПАУ централизованной автоматики предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ). Однако излишняя централизация приведет к существенному росту стоимости реализации комплексов ПА, а также будет способствовать дальнейшему снижению надежности их функционирования вследствие повышения структурной сложности составляющих их систем. Менее очевидным, но более эффективным способом повышения отказоустойчивости и обеспечения координации локальных устройств ПАУ является частичная децентрализация ПА с внедрением адаптивных алгоритмов и передачей части функций на уровень локальных устройств ПАУ, а также на уровень локальных устройств автоматики АПНУ (комплексы локальной автоматики предотвращения нарушения устойчивости (ЛАПНУ)).

В настоящее время в структуре ПАУ ЭЭС России нашли широкое применение лишь принципы локального и централизованного управления. В связи с этим, обозначенная выше децентрализация алгоритмов не может быть реализована без совершенствования существующей структуры системы ПА. Таким образом, при разработке средств противодействия лавине напряжения требуется не только предложить новые алгоритмы, но и усовершенствовать саму структуру ПАУ ЭЭС России.

В данной статье предлагается децентрализованный мультиагентный алгоритм превентивного ПАУ для предотвращения лавины напряжения [7]. Автоматика на базе предлагаемого алгоритма в состоянии повысить отказоустойчивость существующей системы ПАУ, а также взять на себя часть функций координации локальных устройств автоматики в рамках комплексов автоматики ЛАПНУ. При этом предлагаемые алгоритмы новой децентрализованной системы ПАУ не противоречат существующей структуре ПА, а лишь дополняют ее. Реализация алгоритмов возможна, в том числе, и в рамках создания в ЕЭС России интеллектуальной ЭЭС с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС).

В статье приводится описание и производится тестирование децентрализованной мультиагентной системы ПАУ, которая решает задачу обеспечения устойчивости по напряжению. Предлагаемая система реализована на базе агентной платформы JADE. Моделирование режимов работы ЭЭС для тестирования агентной системы выполняется с использованием квазидинамического моделирования в среде MATLAB. Объединение всех двух программных сред выполнено с использованием языка JAVA.

Каждый агент преследует две цели – локальную и глобальную. Локальная цель заключается в обеспечении заданного значения локальных параметров (поддержание допустимого уровня напряжений, отсутствие перегрузки и т.п.). При этом глобальная цель заключается в предотвращении коллапса напряжения. В случае возникновения предаварийной ситуации (к примеру, нехватки реактивной мощности), агенты, ответственные за обеспечение устойчивости по напряжению в контролируемой ими подсистеме, реализуют необходимый набор управляющих воздействий. Предлагаемый подход обладает высокой степенью надежности. Даже при отказе большого количества агентов, система продолжает обеспечивать устойчивость по напряжению, хотя реализуемые при этом управляющие воздействия становятся менее эффективны. Кроме того, предлагаемый подход увеличивает степень координации локальных устройств путем повышения их интеллектуального уровня, а не за счет избыточной централизации.

В статье эффективность предложенного мультиагентного подхода была продемонстрирована на нескольких тестовых схемах IEEE разной размерности. Результаты проведенных исследований показали преимущества использования ПАУ, построенного на мультиагентных принципах, в сравнении с традиционным управлением анализируемой ЭЭС. В частно-

сти, расчёты показали, что в случае аварийной ситуации предложенная мультиагентная автоматика способна сохранять устойчивость ЭЭС без отключения нагрузки, только за счет координации источников реактивной мощности. Таким образом предложенный подход позволяет эффективно предотвратить лавину напряжения в ЭЭС (а, следовательно, и системную аварию) без отключения потребителей.

Литература

1. Makarov Y.V., Reshetov V.I., Stroeve V.A., Voropai N.I. Blackout Prevention in the United States, Europe And Russia // in 2005 Proc. of the IEEE, 93 (11), 2005, pp. 1942-1955

2. IEEE PES PSDP Task Force on Blackout experience, mitigation, and role of new technologies, blackout experiences and lessons, Best practices for system dynamic performance, and the role of new technologies, IEEE Special Publication 07TP190, July 2007.

3. Wang X., Shao W., Vittal V. Adaptive corrective control strategies for preventing power system blackouts // in Proc. of 15th PSCC, Liege, August, 2005.

4. Герасимов А.С., Есипович А.Х., Кошечев Л.А. и др. Исследование режимов Московской энергосистемы в процессе развития аварии в мае 2005г. // Электричество, 2008, №1—С.2-12.

5. Коган Ф.Л. О причинах развития известных аварий в Московской энергосистеме // Электричество, 2008, №5—С.69-72.

6. Томин Н.В., Панасецкий Д.А., Воропай Н.И., Негневицкий М., Курбацкий В.Г. Программная реализация интеллектуальной системы для предотвращения крупных аварий в энергосистеме / Труды Международной конференции «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем», Сочи, Россия, 2015

7. Воропай Н.И., Курбацкий В.Г., Томин Н.В. и др. Интеллектуальная система для предотвращения крупных аварий в энергосистемах. // Электричество, 2014, №8—С.19-31.

***A. Ponomareva, E. Simonenko, N. Simonenko, V. Sevastyanov,
O. Shilova, I. Kruchinina (A.A. Пономарева 1,2, Е.П. Симоненко 3,
Н.П. Симоненко 3, В.Г. Севастьянов 3, О.А. Шилова 2,4,
И.Ю.Кручинина2,4)***

¹FEFU, Vladivostok

²Institute of Silicate Chemistry I.V. Grebenschikov, RAS,
St. Petersburg

³Institute of General and Inorganic Chemistry N.S. Kurnakova,
RAS, Moscow

⁴Saint Petersburg State Electrotechnical University "LETI",
St. Petersburg

**EVALUATION OF MORPHOLOGICAL FRACTAL DIMENSION ON
THE SEM IMAGES OF THE POWDERS SOFC CATHODE
MATERIALS (ОЦЕНКА МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ФРАКТАЛЬНОЙ
РАЗМЕРНОСТИ ПО СЭМ-ИЗОБРАЖЕНИЯМ ПОРОШКОВ
КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТОТЭ)**

Аннотация

Синтезированные методом Печини порошки катодных материалов систем $\text{Sm}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}$ (SSC) и $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}$ (LSC), предназначенных для использования в функциональных слоях твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ), были исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Порошки были получены из растворов с разными кислотнo-щелочными параметрами (рН). Методами фрактального и статистического анализа серий СЭМ-изображений образцов была выполнена оценка морфологической фрактальной размерности и шероховатости. Результаты фрактального анализа микроструктуры порошков свидетельствуют о том, что продукты имеют схожую развитую микроструктуру, на которую, в отличие от фазового состава и термического поведения, изменение уровня рН на стадии синтеза не оказывает существенного влияния.

Современное состояние исследований и разработок топливных элементов, а также материалов для них отражено во многих обзорных публикациях [1-3]. Согласно им твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) обладают множеством неоспоримых преимуществ по сравнению с другими видами топливных элементов. Вместе с тем, высокие рабочие температуры (850-1000°C) являются существенным недостатком этих электрохимических устройств, до сих пор мешающим их коммерциализации и массовому применению в бытовых и промышленных сферах. Использование высоких рабочих температур (до 1000°C) приводит к быстрой деградации мощностных характеристик ТОТЭ в основном за счет химического взаимодействия между материалами компонентов ТОТЭ. Однако снижение

рабочей температуры ТОТЭ приводит к возрастанию различного рода поляризационных потерь, главным образом связанных с замедлением электродных реакций. Основным вклад в поляризационные потери ТОТЭ вносит катодный материал. Это связано со сложным механизмом реакции восстановления кислорода на нем. Решением проблемы высокого поляризационного сопротивления катодного материала ТОТЭ при снижении рабочей температуры является использование материалов с проводимостью смешанного типа. Такие материалы должны обладать высокой электронной и кислород-ионной проводимостью, в отличие от традиционного $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (LSM) материала, который проявляет хорошие характеристики при температурах выше 800°C [4, 5]. К таким материалам относятся сложные оксиды с перовскитоподобной структурой, например, кобальтит лантана-стронция (LSC) и кобальтит самария-стронция (SSC). Кобальтиты лантана/самария стронция могут быть получены методом Печини. Суть метода Печини заключается в достижении высокой степени смешения катионов в растворе, контролируемом переводе раствора в полимерный гель, удалении полимерной матрицы с образованием оксидного прекурсора и сохранением высокой степени гомогенности [6, 7]. В ходе синтеза соли или алкоксиды металлов вносят в раствор лимонной кислоты в этиленгликоле. При нагревании выше 100°C молекулы этиленгликоля и лимонной кислоты вступают в реакцию поликонденсации, которая приводит к образованию полимерного геля с включенными в него молекулами цитратов. При нагревании выше 400°C начинаются процессы окисления и пиролиза полимерной матрицы, приводящие к образованию рентгеноаморфного оксидного и/или карбонатного прекурсора. В данной работе методом Печини получали сложные оксиды $\text{Sm}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}$ и $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}$.

В качестве исходных веществ использовали нитраты соответствующих металлов $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.01 моль) или $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.01 моль), $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ (0.01 моль), $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.02 моль); лимонную кислоту $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ (0.02 или 0.04 моль) и полиэтиленгликоль $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ (0.04 моль). Лимонную кислоту растворяли в 100 мл дистиллированной воды при $T=80^\circ\text{C}$. Далее растворяли нитраты металлов. Процесс растворения прекурсоров производили при постоянном помешивании на магнитной мешалке со средней скоростью (Магнитная мешалка ES-6120, Экрос, Россия). Последним добавили полиэтиленгликоль. Через час останавливали процесс перемешивания и прекращали нагревание. Через сутки получен-

ный раствор разделили на 5 частей и для повышения рН добавляли 25 % водный раствор гидрата аммиака. При этом фиксировали показания рН мультитестом ИПЛ-113 (НПП "СЕМИКО", Россия), используя зонд ЭСК-106/7 (ООО "Измерительная техника", Россия). До проведения измерений рН, была проведена калибровка по 6-ти стандартным точкам: рН =1.65; 3.56; 4.01; 6.86; 9.18;12.43.

Последующая термическая обработка этого прекурсора позволяет получить нужный материал с высокой степенью однородности и дисперсности.

Полученные растворы ставили выпариваться, используя водяную или песчаную баню, в течение 3 ч до полного гелирования вещества. Образовавшийся гель обжигали в печи по двух ступенчатому методу: 1 ч при $T=350^{\circ}\text{C}$ и при $t=900^{\circ}\text{C}$ еще в течении 1 ч (при этом печь выходила на нужные режимы практически сразу или через 50 минут, соответственно).

Полученным материалам была присвоена условная маркировка (см. табл. 1).

Таблица 1

Маркировка синтезированных материалов

$\text{Sm}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}$ (SSC)			$\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}$ (LSC)		
Маркировка	Объем до- бавленного р-ра гидрата аммиака на каждые 50 мл раб. рас- твора, мл	рН полу- ченного раствора	Маркировка	Объем до- бавленного р-ра гидрата аммиака на каждые 50 мл раб. раство- ра, мл	рН полу- ченного раствора
SSC_0	0	1.21	LSC_0	0	1.03
SSC_1	1.25	2.05	LSC_5	5	1.78
SSC_2	2.5	2.62	LSC_10	10	2.30
SSC_3	3.75	6.76	LSC_15	15	2.61
SSC_4	4.675	7.90	LSC_25	25	3.70

Микроструктура полученных порошков анализировалась с помощью растрового электронного микроскопа JEOL JSM-6610.

Есть несколько методов для определения фрактальной размерности. Измеренная фрактальная размерность, в зависимости от метода ее определения, условно делится на три большие группы [8, 9]: морфологическая, энтропийная и трансформационная размерность. Морфологическая раз-

мерность связана только с геометрией фрактальных объектов. Методы определения основаны на описании формы с помощью геометрической «константы» (шар, куб, призма и т.д.): метод подсчета кубов, метод триангуляции (треугольных призм), метод покрытий, метод блуждающего делителя и т.д. И хотя данная размерность не несет информации о характере пространственного распределения, также как о временном поведении динамической системы, ограничиваясь только морфологическим описанием объекта, эти методы (в основном метод подсчета кубов) наиболее широко используются в настоящее время. В этой работе СЭМ-изображения анализировали с помощью программы Gwyddion 2.24 [10]. Для всех образцов фрактальная размерность, определенная как по методу подсчета кубов, $D_f(\text{cube counting})$, так и по методу триангуляции, $D_f(\text{triangulation})$, находится в весьма узком интервале (рис. 1). Небольшой рост фрактальной размерности наблюдается в диапазоне значений pH 2 – 3. Ранее была обнаружена зависимость фрактальной зависимости от температуры термообработки на примере материалов, используемых в качестве анодов и электролитов ТОТЭ [11]. В этой работе выявлено, что изменение уровня pH на стадии синтеза не оказывает существенного влияния на фрактальную размерность.

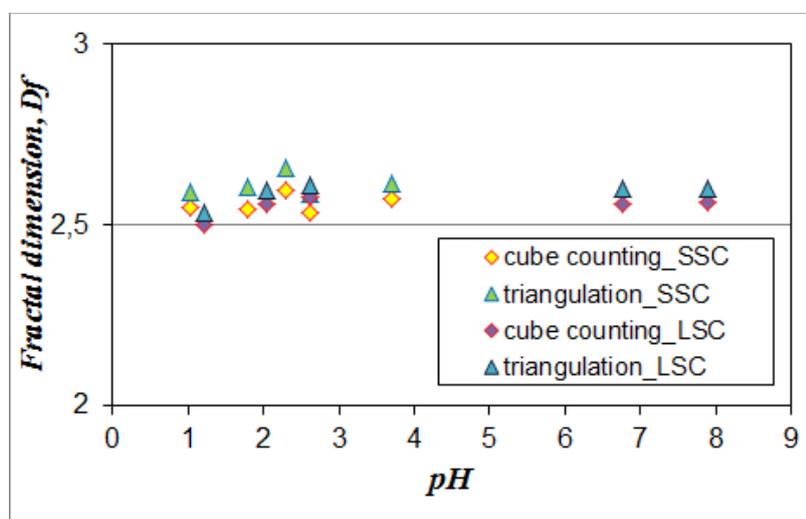


Рис. 1. Зависимость фрактальной размерности от условий синтеза (pH раствора) порошков катодных материалов ТОТЭ ($\text{Sm}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}$ и $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}$).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-33-51238-мол нр

Литература

1. Laosiripojana N., Wiyaratn W., Kiatkittipong W., Arpornwichanop A., Soottitantawat A., Assabumrungrat S. Reviews on solid oxide fuel cell technology. *Engineering Journal: Energy and Environment*, V. 13, pp. 65-84, 2009.
2. Stambouli A.B., Traversa E. Solid oxide fuel cells (SOFCs): a review of an environmentally clean and efficient source of energy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V. 6, pp. 433–455, 2002.
3. Пономарева А.А., Иванова А.Г., Шилова О.А., Кручинина И.Ю. Современное состояние и перспективы изготовления и эксплуатации топливных элементов, работающих на метане. *Физика и химия стекла*, Т. 42, №1, с. 3-28, 2016.
4. Xu X., Xia C., Xiao G., Peng D. Fabrication and performance of functionally graded cathodes for IT-SOFCs based on doped ceria electrolytes. *Solid State Ionics*, V. 176, pp. 1513 – 1520, 2005.
5. Park Y.M., Kim H. Composite cathodes based on $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$ with porous Gd-doped ceria barrier layers for solid oxide fuel cells. *International journal of hydrogen energy*, V. 37, pp. 15320-15333, 2012.
6. Sevastyanov V. G., Simonenko E.P., Simonenko N.P., Stolyarova V.L., Lopatin S.I., Kuznetsov N.T. Synthesis, vaporization and thermodynamic properties of superfine $\text{Nd}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$ and $\text{Gd}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$. *European Journal of Inorganic Chemistry*, № 26, pp. 4636–4644, 2013.
7. Sevast'yanov V.G., Simonenko E.P., Simonenko N.P., Sakharov K.A., Kuznetsov N.T. Synthesis of finely-dispersed oxides: $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, $\text{La}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$, $\text{Gd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ and $\text{Gd}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$. *Mendeleev Communications*, V. 23, pp. 17-18, 2013.
8. Русскин А.Б. Сравнительный анализ методов измерения фрактальной размерности. Доклады 11-й Международной научно-технической конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение», г. Москва, с. 346-349, 2009.
9. Kinsner W. A unified approach to fractal dimensions. *Proceedings of Fourth IEEE Conference on Cognitive Informatics, (ICCI 2005)*, pp. 58 – 72, 2005.
10. Программа для анализа СЭМ и АСМ-изображений Gwyddion: www.gwyddion.net
11. Suchanek G., Ponomareva A.A., Brychevskiy M.M., Brodnikovskiy I.M., Vasylyev O.D., Gerlach G. Fractal analysis of surface topography of solid oxide fuel cell materials. *Solid State Phenomena*, V. 200, pp 293-298, 2013.

*A.A. Radionov, V.R. Gasiyarov, A.S. Maklakov, E.A. Maklakova,
A.D. Chernyshev, S.S. Voronin (A.A. Радионов, В.Р. Гасияров,
А.С. Маклаков, Е.А. Маклакова, А.Д. Чернышев, С.С. Воронин)*

**South Ural State University (National Research University),
Chelyabinsk**

**ENERGY EFFICIENCY CONTROL METHOD OF RECTIFIERS FOR
WIND-DRIVEN ELECTRIC PLANT (ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ
МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ЗЛ-АФЕ ВЫПРЯМИТЕЛЯМИ ДЛЯ
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОАГРЕГАТА)**

Abstract

The primary purpose of this paper is an energy efficiency improving of wind-driven electric plants by using of back-to-back converters. The article presents a review of contemporary condition of power electronics in wind generator application. A new control system of the back-to-back converters is proposed to increase an energy efficiency of wind-driven electric plants at a power factor controlling. This control system allows us to generate or compensate a reactive power with wide range in a system «wind-driven electric plant – grid». The results of research can be used to integrate the wind-driven electric plant based on the back-to-back converters in Smart Grid.

Introduction

Nowadays, the development of renewable energy is one of the priority directions for the world's advanced countries. Every year a share of the electricity generation by renewable energy sources is increasing. Expansion of the renewable energy is related to growth of a total energy consumption, high hydrocarbons prices and deteriorating environmental conditions.

A significant increase of energy generated from the renewable energy sources strongly depends on contemporary state and progress of a technological base for its production, distribution, generation and conversion. Primarily, the main objective for renewable energy is improving of energy efficiency to compete with the present technologies for electricity generation.

Wind-power engineering is one of the most advanced direction of the renewable energy. Wind-driven electric plants are widely used as electricity

producer in many countries. One of the most important parts of a wind energy system, which determines cost, technical, functional and other characteristics, is a semiconductor power converter. The semiconductor power converters allow one to convert an electricity with high-energy performances. At present, there are several topologies of these converters. In this article, attention is given to one of the most perspective topology of wind-driven electric plants based on a synchronous generator and power converters with transistors or gate turn-off thyristor (GTOs). Wind generator setups based on the semiconductor converters have a high quality of converting electrical power. Moreover, these wind-driven plants are able to control active, reactive and apparent power in the wide range.

Making the effort to increase the energy efficiency and improve electromagnetic compatibility (EMC) of the wind-driven electric plants to the grid by using of the power converters has led to the application of multilevel back to back converters in these setups.

Problem Definition

The main aim of this scientific paper is developing an energy efficiency control of wind-driven electric plants by using of back-to-back converters. To achieve this aim, it is essential to solve a number of important tasks directed to a mathematical description of a system «wind-driven electric plants – grid» and a synthesis of a closed loop system of the back-to-back converters. Based on theoretical researches, it is possible to identify integration prospects of the wind-driven electric plants in Smart Grid.

In most cases, the wind-driven electric plants with rated power over one megawatt include there level neutral point clamped (NPC) back-to-back converters based on active front end (AFE) rectifies. The review of large amount of the scientific papers has indicated, that a use of medium voltage multilevel converters for wind generator allows one to increase their functional and energy characteristics. Fig. 1 shows a typical circuit of a grid point connection for high power wind generators.

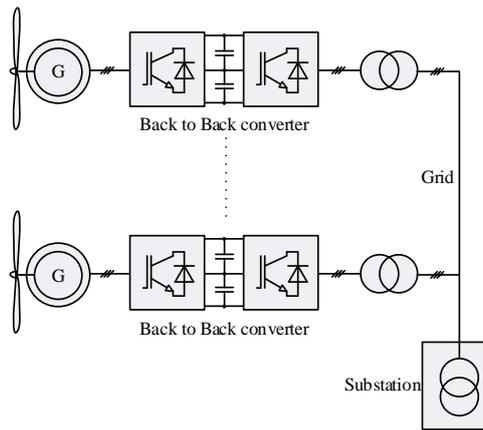


Fig. 1. Grid point connection for high power wind generators

The Fig. 1 represents the circuit, where each wind generator has a high quality current and voltage generation and able to operate at the positive, negative or unity power factor. A power circuit of a three level NPC back-to-back converter based on AFE rectifies and voltage source inverters (VSIs) usually includes twenty-four transistors or GTOs and thirty-six power diodes. Between the grid and the converter there is a direct current (DC) link consisting of several capacitors, which form the neutral point. Snubbers are generally used to protect the semiconductors modules.

Currently, in the closed loop systems of back-to-back converters are commonly applied linear controllers based on a proportional-integral (PI) or proportional-integral-derivative (PID) structure. The linear controllers are used with a field-oriented control (FOC) for synchronous generators and voltage-oriented control (VOC) for AFE rectifiers. In general, a classical theory of the linear control has been adapted to use in the modern wind-driven electric plants.

A selective harmonic elimination (SHE) and a selective harmonic mitigation (SHM) pulse wide modulation (PWM) methods are often used for switching of the power modules of the AFE rectifiers. A typically waveform of AFE output voltage based on SHEPWM is shown in Fig. 2.

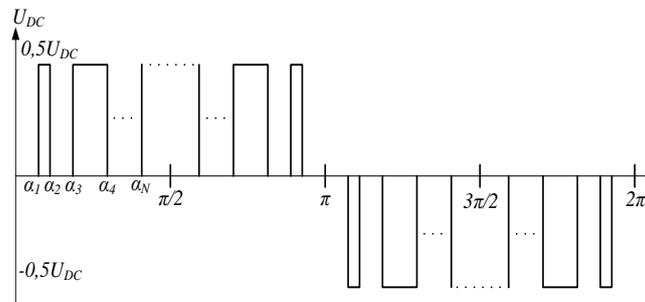


Fig. 2. AFE output voltage based on SHEPWM

In Fig. 2, we can write the following equation system.

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^{2N} (-1)^k \cdot \frac{\cos(n \cdot \alpha_k)}{n} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{2}{U_{DC}} \cdot U_m, n=1 \\ \sum_{k=1}^{2N} (-1)^k \cdot \frac{\cos(n \cdot \alpha_k)}{n} = 0, n=5,7,11,\dots \end{cases}, \quad (1)$$

If 18-pulse circuits for connection to the grid is used, only harmonics multiples of 18 have a negative impact, consequently, $18n \pm 1$ harmonic numbers should be eliminated. In this article, 3 switching angles for quarter-period of the AFE output phase voltage have been selected that allows us to eliminate 17th and 19th harmonics. Fig. 3 shows the result calculation of the switching angles.

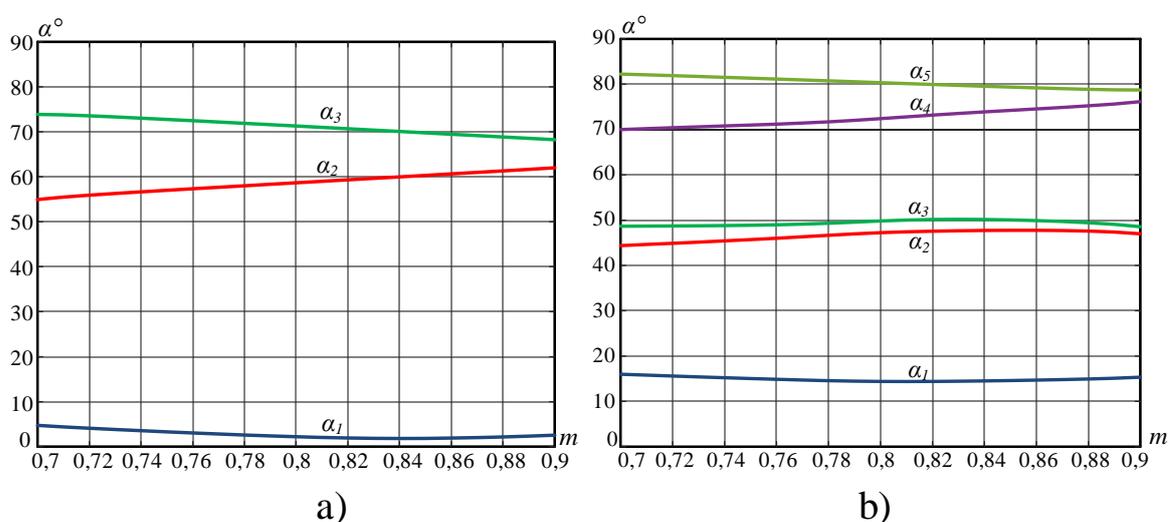


Fig. 3. Phase combination of three level AFE rectifier circuit diagram

a) - three switching angles for quarter-period b) - five switching angles for quarter-period

A system «WIND-DRIVEN ELECTRIC PLANTS – GRID»

An analysis of the system «Wind-driven electric plants – grid» can be considered using the Fig. 4. The system consists of a voltage of the AFE rectifier U_{AFE} , the inductance L_2 and the resistance R_2 are connected by the transformer T from the inductance L_1 , the resistance R_1 and the voltage E_g .

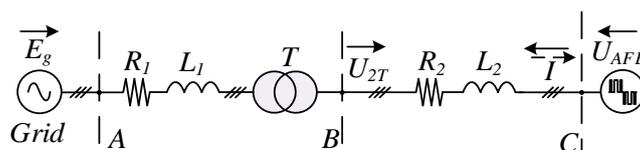


Fig. 4. The system «Wind-driven electric plants – grid»

In Fig. 3, the active, reactive and apparent power flow from the point B to the point C is calculated by the following mathematical expression:

$$P_{BC} = \frac{U_{2T} \cdot U_{AFE} \cdot (R_2 \cdot \cos(\alpha) + X_2 \cdot \sin(\alpha)) - U_{2T}^2 \cdot R_2}{R_2^2 + X_2^2} ;$$

$$Q_{BC} = \frac{U_{2T} \cdot U_{AFE} \cdot (X_2 \cdot \cos(\alpha) - R_2 \cdot \sin(\alpha)) - U_{2T}^2 \cdot X_2}{R_2^2 + X_2^2} ;$$

$$S_{BC} = \sqrt{\frac{U_{2T}^2 \cdot (U_{AFE}^2 - 2 \cdot U_{AFE} \cdot U_{2T} \cdot \cos(\alpha) + U_{2T}^2)}{R_2^2 + X_2^2}} ,$$

where U_{2T} – a secondary voltage transformer, α – a shift angle between U_{2T} and U_{PWM} .

The 3-D diagrams of mathematical relations $P_{CB} = f(U_{AFE}, \alpha)$, $Q_{CB} = f(U_{AFE}, \alpha)$ and $S_{CB} = f(U_{AFE}, \alpha)$ are shown in Fig. 5.

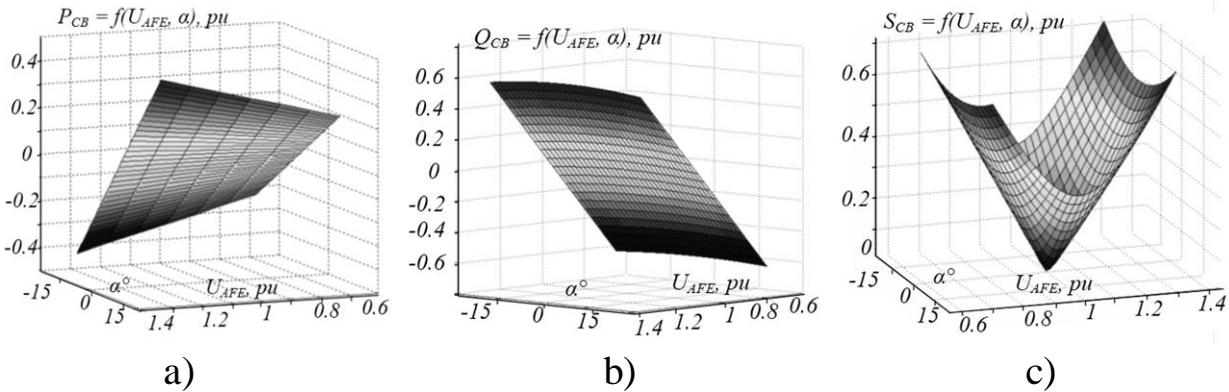


Fig. 5. The 3-D diagram of active (a), reactive (b) and apparent (c) power

Integration prospects of wind-driven electric plants in smart grid

If the mathematical relation $S_{CB} = f(U_{AFE}, \alpha)$ in the system «Wind-driven electric plants – grid» is provided, the maximal apparent power will be able to be transmitted from the wind-driven electric plants to the grid. This will be possible by using of the back-to-back converters, which control the shift angle α and AFE output voltage. This control method may be effectively used with Smart Grid technologies. Smart Grid is able to provide the real-time simulation of energy and power distribution information, for examples: power factor, active and reactive power, total harmonics distortional, etc. Fig. 6 shows the fictional scheme of a wind-driven electric plant based on the Smart Grid technologies.

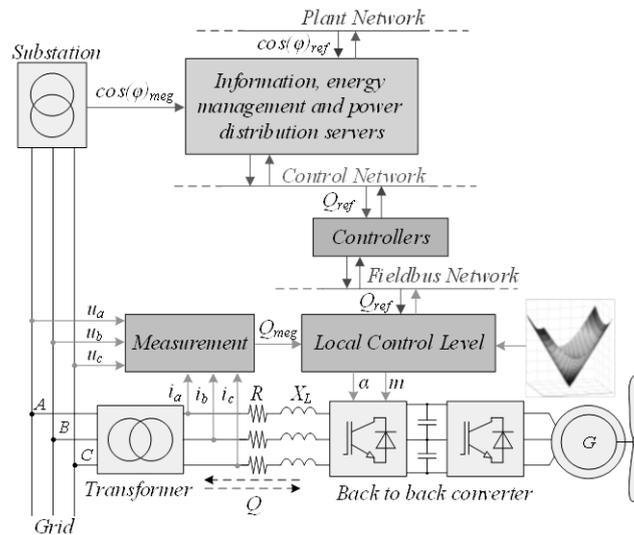


Fig. 6. The fictional scheme of based on the Smart Grid technologies

Conclusion

In this article, the efficiency control of wind-driven electric plants by using of back-to-back converters has been proposed. The review of contemporary condition of power electronics in wind generator application has been shown. The mathematical description of the system «wind-driven electric plants – grid» and the closed loop system of the back-to-back converters have been considered. Based on theoretical researches, the integration prospects of the wind-driven electric plants in Smart Grid have been identified

N. Silin, F. Rakhimov (H.B. Силин, Ф.М. Рахимов)

FEFU, Vladivostok

**ON THE ISSUE OF CREATING A VIRTUAL POWER PLANT
TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF DISTRIBUTED ENERGY
SOURCES (К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ)**

Аннотация

Рассмотрены вопросы объединения источников распределенной генерации, потребителей, активных потребителей и устройств накопления в интеллектуальные микросети. Возможность контролировать и управлять режимами распределенных энергетических источников для решения задачи эффективности, создание виртуальной электростанция является наиболее приемлемой.

Под распределенной энергетикой в настоящее время понимают совокупность распределенных генерирующих объектов, потребителей энергии, систем накопления энергии, объединенных распределительной сетью в единые энергетические комплексы. Развитие распределенной энергетики (на базе возобновляемых источников энергии) играет важную роль при решении вопросов увеличения надежности энергоснабжения потребителей, находящихся в значительной удаленности от централизованных сетей. Она выгодна не только потребителям, но зачастую и энергосистемам. За счет наращивания распределённой энергетики можно достичь следующих результатов:

- снижение локальных дефицитов мощности, обусловленных отставанием или нецелесообразностью развития сетевого хозяйства;
- обеспечение оптимального уровня резервирования энергоснабжения ответственных и социально значимых потребителей;
- более гибкое использование местных топливно-энергетических ресурсов на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ);
- достижение требуемых результатов качества электрической и тепловой энергии.

Вышеперечисленные проблемы могут быть в значительной степени решены в том случае, если установки на основе ВИЭ будут работать вне

пределов единой энергетической системы (ЕЭС), не подчиняясь, таким образом, правилам её функционирования. Такая возможность в России, безусловно, имеется, учитывая то обстоятельство, что более половины её территории не охвачено централизованным энергоснабжением, а в районах Крайнего Севера и Дальнего Востока обстановка осложняется морально и физически устаревшим парком дизель-генераторных установок. В рамках выделенного в энергетической стратегии России направления увеличения доли малой энергетики и расширения использования возобновляемых источников энергии, актуальной и нерешенной задачей является организация взаимодействия между источниками распределенной генерации и централизованными электрическими сетями [1]. За рубежом эффективное решение данной проблемы связывают с развитием технологий виртуальных электростанций (ВиЭС), так называемых Virtual Power Plant (VPP) или Virtual Utility [2].

Виртуальная электростанция – это структура, объединяющая в себе элементы трех видов:

- Распределенные генераторы (ветроустановки, фотоэлектрические станции, мини- и микроТЭЦ и др.).
- Потребители-регуляторы нагрузки – бытовые и промышленные. Бытовые потребители (стиральные машины, холодильники, телевизоры, микроволновые печи, системы кондиционирования помещений, нагревательные элементы и т.п.) являются наиболее легко управляемыми нагрузками. Управляемость нагрузки промышленных потребителей в основном зависит от гибкости их технологических процессов. Для некоторых процессов гибкость повышают за счет систем аккумулирования энергии.
- Системы аккумулирования энергии. Эти системы могут накапливать энергию в разных формах (тепловой, электрической, механической и химической). Для бытовых потребителей наиболее подходящим вариантом является аккумулирование тепла (по режимам работы теплоаккумулирующие системы хорошо координируются с микроТЭЦ). Для промышленных потребителей оптимальными накопителями являются аккумуляторные батареи. Система аккумулирования энергии выбирается исходя из области применения и стоимости накопителей с учетом, географического фактора.

В общем случае под ВиЭС следует понимать интеллектуальную микросеть низкого напряжения, которая с помощью электрической и информационно-коммуникационной сети объединяет источники распреде-

ленной генерации, устройства накопления электроэнергии и потребителей, взаимодействует с электрическими сетями более высокого уровня. Управление виртуальными электростанциями осуществляется дистанционно через систему EMS (Energy Management System), которая принимает информацию о текущем состоянии каждой энергоустановки и передает на них управляющие сигналы [3]. Обеспечение нормального функционирования ВиЭС связано с применением высокотехнологичной информационной системой связи, устанавливаемой во всех её компонентах.

Основной проблемой препятствующей развитию распределенной генерации и созданию ВиЭС является отставание систем потребления с экономической и технологической точки зрения. Из определения ВиЭС видно, что она обеспечивает объединение источника генерации с потребителем не только электрической сетью, но и информационно-коммуникационной сетью.

Положительный зарубежный опыт демонстрирует техническую и экономическую целесообразность создания виртуальных электростанций. В Европе проекты в области ВиЭС ведутся с 2003 года. В табл. 1 приведены примеры функционирующих VPP [4].

Таблица 1

Функционирующие ВиЭС в Европе

Место размещения	Название проекта или управляющей компании	Возможная генерируемая мощность
Греция, остров Кифнос	More-Microgrids	-
Словения	Elektro Ljubljana	63 МВт
Германия	RWE	80 МВт

Учитывая нынешнее экономическое состояние потребителей Крайнего Севера и Дальнего Востока внедрение такой технологии без предварительного научно-технического, и экономического обоснования является преждевременным.

В России на данный момент полноценно функционирующие ВиЭС отсутствуют, однако имеются существенные предпосылки к объединению в виртуальные электростанции как небольших, так достаточно крупных энергогенерирующих групп. Так, в качестве экспериментальной площадки для отработки технологий ВиЭС можно рассматривать систему электрообеспечения острова Русский. Для создания типовых ВиЭС, объединяющих

в себе объекты генерации, концентрации, передачи, аккумуляции, распределения и эффективного потребления энергии, требуется решить ряд научных и инженерных задач по разработке отдельных промышленных энергетических установок малой и средней мощности. Кроме того, необходимо определить оптимальные структуру и параметры гибридных энергетических комплексов, осуществляющих управление процессами, в малых распределенных энергосистемах, создаваемых на базе ВИЭ.

Подводя итог, отметим, что появление виртуальных электростанций объективно обусловлено возрастающей долей распределенной генерации в структуре производства электроэнергии. Виртуальные электростанции – это инструмент централизованного управления производством и реализацией электроэнергии как для нужд собственных потребителей, так и сторонним потребителям.

При разработке и построении систем управления режимами виртуальной электростанции, результаты должны обеспечить выполнение требований к техническим и технологическим решениям, таких показателей, как:

- а) надежность;
- б) маневренность;
- в) энергоэффективность;
- г) экологическая безопасность.

Литература

1. Проект Энергетической стратегии России на период до 2035 года. Москва. 2014. URL: <http://minenergo.gov.ru/documents/zakon> (дата обращения 25.04.2016).

2. Concept and Controllability of Virtual Power Plant / Kassel, Univ. 2007. [электронный ресурс] // <http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-309-0.volltext.frei.pdf>

3. Четошникова Л.М. Использование локальных источников в умных сетях с требованиями качества электроэнергии // Ползуновский вестник. – 2013. - №4-2. –С. 199-204.

4. Е.Н. Соснина, Виртуальная электростанция // Электроэнергетика глазами молодежи: материалы VI-й международной молодежной научно-технической конференции / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2015.

N. Silin, V. Kislyukov, N. Khasanzoda, E. Manakov, F. Rakhimov
(Н.В. Силин, В.А. Кислюков, Н. Хасанзода, Е.П. Манаков,
Ф.М.Рахимов)

FEFU, Vladivostok

**ON THE ISSUE OF INTRODUCTION OF INNOVATIVE
TECHNOLOGIES IN SMART GRID POWER SUPPLY SYSTEM
OF THE ISLAND RUSSIAN (К ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ SMART GRID В СИСТЕМУ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОСТРОВА РУССКИЙ)**

Аннотация

В настоящее время в различных странах мира активно развивается концепция Smart Grid. В России она получила название интеллектуальной энергосистемы. Во всех странах технологии интеллектуальной энергосистемы рассматриваются как технологическая платформа электроэнергетики будущего. Для России это направление является чрезвычайно актуальным в связи с широким распространением развитых систем электроснабжения городов, промышленных центров, локальных территорий, требующих модернизации, реконструкции и развития на основе инновационных технологий.

За начало освоения технологии Smart Grid и всего, что с ней связано применительно к электроэнергетическим системам (ЭЭС) России, следует считать приказ «РАО ЕЭС» № 380 от 29.05.2006 «О создании управляемых линий электропередачи и оборудования для них» [3].

В 2006 году термин «Smart Grid» в различных источниках не имел единого определения. В России этот термин первоначально получил более расширенные определения – «интеллектуальная сеть энергетики», «интеллектуальная электроэнергетическая система», «активно – адаптивная сеть энергетики» (ААС).

В настоящее время существует достаточно большое количество определений Smart Grid, которые отличаются различной интерпретацией функций и задач этой системы. В России наиболее часто используется следующее определение [1-2]: «В целом, интеллектуальная сеть (Smart Grid, «умная», или активно-адаптивная сеть) представляет собой распределительную сеть, которая сочетает комплексные инструменты контроля и мониторинга, информационные технологии и средства коммуникации, обеспечивающие

доступность использования ресурса, надежное, качественное и эффективное обслуживание потребителей электроэнергии за счет гибкого взаимодействия всех ее субъектов (всех видов генерации, собственно электрических сетей и потребителей) на основе современных технологических средств и единой интеллектуальной иерархической системы управления.

За рубежом Smart Grid рассматривается как концепция инновационного преобразования электроэнергетики на основе целостной системы видения ее роли и места в современном и будущем обществе. Она определяет требования к электроэнергетике, подходы к обеспечению этих требований, принципов и способов осуществления и необходимого технологического базиса для реализации концепции, в которой новым технологиям и устройствам отводится роль одного из основных способов и инструментов его осуществления [4-5].

Структура Smart Grid включает в себя следующие составляющие (подробно показано на рисунке 1):

- 1) умный учет (является первым шагом на пути к умной энергосистеме);
- 2) умная сеть;
- 3) энергоэффективность;
- 4) потребительские технологии.

Особенности работы интеллектуальных сетей состоят в следующем: в традиционных сетях ток по проводам поступает от генерации к потребителю и подается в соответствии с заранее заданным уровнем напряжения и сопротивления. Если же внедрить Smart Grid в энергосистему, то они могут самостоятельно регулировать подачу электроэнергии в зависимости от снижения или увеличения режима потребления. На предприятиях и жилых домах (то есть у потребителей) устанавливают «интеллектуальные» счетчики, которые передают информацию о потреблении. Этот факт позволяет скорректировать использование электроприборов во времени и распределить электричество в зависимости от потребности, что существенно снижает расходы на электроэнергию.

Энергосистема острова Русский обладает рядом особенностей, а именно:

- наличие мини-электростанций избыточной мощности, оснащенных современными газотурбинными установками и высокотехнологичным оборудованием;
- возможность организации системы распределенной генерации;

- возможность работы энергосистемы о. Русский как в режиме изоляции, так и параллельно по отношению к основной энергосистеме;
- оснащенность электрических сетей, как современным цифровым оборудованием, так и аналоговыми устройствами;
- наличие планов расширения энергетической системы о. Русский;
- возможность создания управляемой нагрузки.

Технические решения, направленные на внедрение технологии Smart Grid в энергосистему о. Русский, можно сгруппировать по следующим направлениям:

- гармонизация требований оснащения штатными системами противоаварийной автоматики зарубежного исполнения в соответствии с нормативными документами и стандартами РФ;
- программно-информационная компьютерная платформа для реализации задач системы управления режимами виртуальной электростанции, интегрирующей системы электроснабжения.
- формирование интегрированных систем электроснабжения на инновационной основе с использованием, в том числе, принципов виртуальной электростанции и интеллектуального управления режимами виртуальной электростанции;
- разработка и исследование систем управления и защиты в системах электроснабжения;

Под Smart Grid здесь будет пониматься интеллектуальная сеть, обладающая свойствами и/или имеющая в своём составе следующие функции:

- базу знаний и «знание» того, что она обладает этими знаниями и что они динамически меняются,
- использует эвристический или многовариантный анализ поступающей информации от объекта управления,
- она является системно-сложным устройством, производящим обучение из вне, и/или самообучение,
- формирование пакета вариантов управляющей информации (сразу отправляемым в базу знаний для дальнейшего анализа, какой вариант был наилучшим),
- последующего формирования окончательных сигналов управляющих воздействий (УВ) посредством оптимального ограничения «свободы выбора».

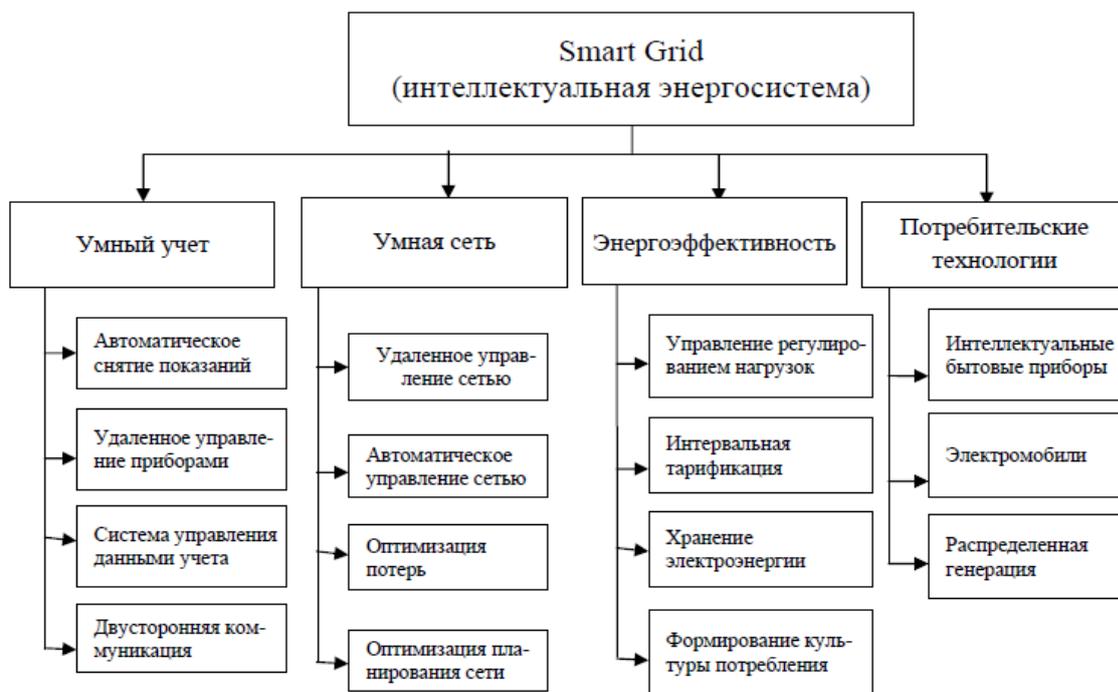


Рис. 1. Структура Smart Grid

В результате внедрения системы Smart Grid можно предположить, что будут достигнуты следующие цели: электрическая сеть из пассивного устройства транспорта и распределения электроэнергии превращается в активный элемент, параметры и характеристики которого изменяются в реальном времени в зависимости от режимов работы энергосистемы. Для реализации этой новой функции сети оснащаются современными быстродействующими устройствами силовой электроники, системами, обеспечивающими получение информации о режимах работы сети и состоянии оборудования в режиме on-line. В сетях и у потребителя находят широкое применение различного рода накопители (аккумуляторы) электрической энергии, а потребители становятся активными участниками процесса распределения и потребления электроэнергии.

Все сказанное подчеркивает и обосновывает актуальность выполнения данной работы, в том числе с целью коммерциализации её результатов при внедрении интеллектуальных систем поставки энергоносителей и энергии в проектах энергоэффективных («умных») зданий, поселков, городских районов и целых городов, а также промышленных кластеров, локальных территорий. В ходе дальнейших исследований будут рассмотрены конкретные варианты технических решений по изложенным выше направлениям с учетом максимально возможного перечня требований, предъявляемых к системам интеллектуального управления.

Литература

1. Гуревич, В. И. Интеллектуальные сети: новые перспективы или новые проблемы? [Электронный ресурс] // <http://market.elec.ru/nomer/33/intellektualnye-seti-novye-perspektivy/>.
2. Егоров В., Кужеков С. Интеллектуальные технологии в распределительном электросетевом комплексе // – «ЭнергоРынок», 2010г., № 6.
3. Российское ОАО энергетики и электрификации «ЕЭС России». Приказ №380 от 29.05.2006 «О создании управляемых линий электропередачи и оборудования для них».
4. Final report of the CEN/CENELEC/ETSI Joint Working Group on Standards for Smart Grids, available at: [Электронный ресурс] // <ftp://ftp.cencenelec.eu/CENELEC/Smartgrid/SmartGridFinalReport.pdf>.
5. Why the Smart Grid must be based on IP standards, available at: [Электронный ресурс] // <http://web.archive.org/web/20110720140344/http://blog.ds2.es/ds2blog/2009/05/why-smart-grid-must-use-ip-standards.html>.

N.V. Silin, N.I. Ignatev (H.V. Силин, Н.И. Игнатъев)

FEFU, Vladivostok

**ADVANCES IN INTERPRETATION
OF ELECTROMAGNETIC CONTROL RESULTS
FROM HIGH-VOLTAGE POWER EQUIPMENT**

Аннотация

Доклад посвящен вопросам расширения возможностей электромагнитного способа контроля высоковольтного электроэнергетического оборудования. Ряд критериев, которые обычно используются для оценки технического состояния электротехнических установок, предлагается дополнить новыми, основанными на подсчете числа пиков в спектрах собственного электромагнитного излучения, а также на сравнении уровней белого и фликкер шумов однотипного оборудования.

ABSTRACT: the article deals with issues of expansion opportunities of an electromagnetic control method of the high-voltage power equipment. It is offered to add several criteria to using for technical condition assessment of electrical engineering equipment. These criteria are based on calculation of peaks quantity in ranges of the equipment own electromagnetic radiation and also on comparison of the flicker noise levels, the flat noise levels of the same equipment.

Ensuring of a working order of High-Voltage Power Equipments (HVPEs) is very necessary due to its functions importance. A breakdown of the HVPE may lead to big economic expenses connected with power delivery reduction and urgent replacement of the expensive equipment as well as to development of industrial disasters. It demands to pay attention to prevention defects development in HVPEs for that control and diagnostics methods are used.

The statistics of emergencies and equipment failures indicate that the most common cause of the occurrence and growth of defects are electric and thermal phenomena that lead to strong electromagnetic disturbances. A share of defects associated with electromagnetic phenomena is currently 70-80 percent [1, 2].

Electromagnetic radiation of electrical equipments is closely related to the occurrence and growth of defects in the equipment. Thermal and electrical insulation breakdowns and dissociation of intermolecular relationships due to

chemical phenomena are accompanied by molecules movement and interaction, electromagnetic wave excitation and radiation [3-6].

The dissolved gas analysis, infrared camera surveys, analysis of partial discharge rate, etc. are considered as the one of the most informational and technically viable procedures for HVPEs assessment evaluation [7, 8]. One of the most convenient and efficient monitoring method can be considered as providing for use of directional antennas, called in the course of further discussion by the electromagnetic control [9]. It allows evaluating the technical condition of the internal and external constructional elements of the transformer equipment on its own spectra of electromagnetic radiation and has the following advantages [3]:

- 1) survey of equipment is done remotely under operating voltage, without interfering with the manufacturing process;
- 2) own electromagnetic radiation provides information on the status of the equipment continuously, its registration can be done at any time of the year;
- 3) high sensitivity of the method can detect a defect at an early stage of its occurrence;
- 4) standard measure and information equipment are used.

The main concept of the method is that HVPE is considered as an object which brings essential electromagnetic radiation to the environment. Vertical parts of voltage leads-in isolated from the ground steel enclosure are considered as rod dipole aerials of vertical polarization. Aerials emit electromagnetic oscillations at frequencies close to the values of resonance frequencies. Radiating aerials together with insulated parts of wires placed inside the steel enclosure may be considered as resonant oscillatory systems of high-frequency quasi-harmonic oscillators operating at frequencies close to the resonance frequencies of oscillatory systems. Currents of field-induced and thermal ionization occurred in the defect region of external and internal parts of leads-in wires are considered as source of these high-frequency oscillators.

The growth intensity of the currents leads to increased heating in defective areas, resulting in the spark gap to initially occurring moderate thermal ionization and then thermal avalanche ionization. Thermal breakdown have been occurred ultimately in the most deficient spark gaps areas, accompanied by the decomposition of oil insulation, local burning of solid insulation and metallic conductors submelting.

The assessment procedure of technical condition of HVPEs' inputs by the electromagnetic control method is most fully described [9]. In this case the calculation of resonant frequencies of the surveyed inputs is fulfilled and the information frequency bands characterizing a condition of these inputs are allocated. It is possible to estimate a technical condition of inputs by counting quantity of the peaks exceeding a certain boundary level, and by counting radiation power of all information frequency range.

The assessment of technical condition of the HVPEs' internal constructive elements hidden in the case of this equipment is of particular interest. This case, being a metal tank with the aerials (inputs) which are sticking out of it, promotes regenerative strengthening and generation of electromagnetic oscillations in the tank and to their strengthened radiation in external space.

Information about the geometrical sizes of internal constructive elements and electromagnetic radiation spectra comparison of the same autotransformers allows us to make the conclusion about technical condition of their internal constructive elements. Improvement of this direction in electromagnetic control method has high potential for its development.

It is also necessary to pay attention to a possibility of an assessment of HVPE technical condition on the basis of allocation in its electromagnetic radiation and comparison intensity of flat noise, flicker noise and boundary frequencies between these noises. Such approach considerably increases efficiency, reliability and sensitivity of the electromagnetic control method.

As it has been shown above, the electromagnetic control method can already expand considerably completeness of diagnostic information about the surveyed HVPE and has real areas of its development. Further electromagnetic control method development will simplify significantly procedure of HVPEs diagnostics in the future.

References

1. V.P. Maiakov, V.V. Sokolov, "Methods of diagnostics of the transformer equipment condition," Methods and tools of the power equipment condition assessment, num. 11, St. Petersburg, Russia: PEIPK, 2000.
2. A.S. Adalev, N.V. Korovkin, M. Hayakawa, J.B. Nitsch, "De-embedding and unterminating microwave fixtures with the genetic algorithm," IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, num. 54 (7), 2006, pp. 3131-3139.

3. N.V. Silin, Condition monitoring of power equipment by the spectral characteristics of the electromagnetic radiation. *Power engineering*, (3), pp. 86–91, 2008.

4. N.V. Silin, V.L. Losev, N.V. Kinsht and A.B. Popovich, “An approach for the monitoring of high-voltage equipment basing on the spectrums of his own electromagnetic radiation,” *Promyshlennaya Energetika*, num. 4, 2007, pp. 24-29.

5. T. Babnik, R. Aggarwal and P. Moore, “Data mining on a transformer partial discharges data using the self-organizing map,” *IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation*, num. 14 (2), 2007, pp. 444-452.

6. A.S. Adalev, M. Hayakawa, D.I. Iudin, N.V. Korovkin, E.E. Selina and V.Yu. Traktengerts, “Cellular automaton modeling of surface discharge dynamics for EMC problems,” *IEICE Electronics Express*, num. 3 (10), 2006, pp. 209-215.

7. A.Ye. Monastyrskiy, “The experience of the continuous control system of condition of high-voltage power transformers SKIT,” *Proceeding of Seminar on Diagnostic of Power Equipment*, Krasnoyarsk-Divnogorsk, Russia, 2007.

8. O.A. Gluchov, N.V. Korovkin and Y.M. Balagula, “The estimation method for the partial discharges parameters of high-voltage insulation by the relative measurement of their electromagnetic fields,” *3rd Int. Symp. on EMC*, St. Petersburg, Russia, 2001.

9. Silin, N.V., Korovkin, N.V. & Hayakawa, M., High-voltage equipment electromagnetic spectrum study for estimation of its technical state and prediction of the residual life. *Electromagnetic Theory (EMTS)*, *Proceedings of 2013 URSI International Symposium on*, pp. 522–524, 2013.

*A. Taskin, E. Konchakov, A. Gerasimenko, F. Rakhimov, N. Silin,
N. Khasanzoda (А.В. Таскин, Е.И. Кончаков, А.В. Герасименко,
Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин, Н. Хасанзода)*

FEFU, Vladivostok

**THE CREATION OF LOCAL ENERGY SYSTEMS BASED
ON RENEWABLE ENERGY SOURCES (К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ
ЛОКАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ)**

Аннотация

Стабильный рост цен на энергетические виды топлива и всё возрастающие показатели энергоэффективности устройств и энергоустановок на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) определяют устойчивый интерес к разработке и внедрению локальных энергетических установок с использованием ВИЭ, предназначенных для обеспечения объектов удалённых от централизованных сетей надёжным электро- и теплоснабжением.

В данной статье приведено описание многофункциональной, не зависящей от погоды энергетической установки на базе различных, дополняющих друг друга, возобновляемых источников. Представлены достигнутые результаты, определены технические задачи, которые необходимо решить при доведении установки до стадии действующего образца.

Наличие поселений и объектов, удаленных от централизованной системы электроснабжения, постоянный рост цен на завозное топливо в значительной мере определяют все возрастающий интерес к разработке и внедрению локальных электроэнергетических установок на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), предназначенных для обеспечения таких объектов надёжным и качественным электро- и теплоснабжением.

В данной работе в качестве ВИЭ для энергоустановки взяты наиболее доступные и распространённые источники – ветер, солнце и биомасса, образуемая в результате жизнедеятельности человека.

В состав универсального энергетического модуля малой мощности входят:

- ветроустановка, мощностью 2 кВт;
- солнечная фотоэлектрическая установка мощностью 1,28 кВт;

– биоэнергетическая установка на отходах человеческой жизнедеятельности с запланированной мощностью 5кВт.

Устройства, включенные в состав модуля, могут работать индивидуально или в различных сочетаниях.

В настоящее время изготовлены и находятся в опытной эксплуатации ветровая и фотоэлектрическая части установки. Биоэнергетическая часть установки находится в стадии изготовления.



Рис 1. Действующая ветросолнечная установка.

В работе приводятся основные функциональные и технические характеристики составных частей модуля. Отмечается, что ветроэнергетическая установка представляет собой ветровое колесо с вертикальным расположением вала, с которым соединён безредукторный, низкооборотный генератор. Два ряда лопастей (направляющие и вращающиеся) обеспечивают широкий рабочий диапазон установки по ветру – от 1,5 до 50 м/с. Данная конструкция допускает эксплуатацию в густонаселенных районах, размещение на кровлях зданий и сооружений без необходимости введения зоны отчуждения. В работе описываются технические решения, позволяющие обеспечить ее работоспособность в экстремальных погодных условиях.

Солнечная часть установки скомпонована из двух типов фотоэлектрических модулей:

- фотоэлектрических модулей на основе монокристаллического кремния;
- фотоэлектрических модулей на основе микроморфного кремния.

В работе представлены результаты тестирования вышеназванных фотоэлектрических модулей по выработке электрической энергии и коэффициенту полезного действия.

Биоэнергетическая часть установки находится в стадии разработки и изготовления. Планируется, что она будет иметь в своём составе реактор для сбора и подготовки субстрата, биореактор для выработки биогаза, блок очистки биогаза, газгольдер с компрессорной станцией, блок переработки субстрата, выгружаемого из биореактора.

В работе рассмотрены возможные сферы применения комбинированных энергоустановок, особенности их размещения в удаленных от центрального энергоснабжения районах. Часть статьи посвящена экономическим вопросам внедрения комбинированных энергоустановок. Отмечено, что применение комбинированных энергетических модулей может существенно влиять на экономику энергообеспечения удаленных объектов.

D. Turkin, (Д.Г. Туркин)

FEFU, Vladivostok

**ON THE QUESTION OF THE CHOICE OF TECHNICAL
MARKERS FOR TECHNICAL INSULATION CONDITION
ASSESSMENT (К ВОПРОСУ ВЫБОРА ТЕХНОМАРКЕРОВ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ)**

Аннотация

Рассмотрены основные проблемы обеспечения нормативного срока службы силовых трансформаторов, основные подходы по диагностике ответственного электротехнического оборудования, перспективное направление диагностики силовых трансформаторов на основе анализа малых и предельно малых концентраций техномаркеров.

Мировой опыт эксплуатации силовых трансформаторов показывает, что качественная диагностика, выявление дефектов на ранних стадиях их развития и своевременное проведение ремонтных и профилактических мероприятий, позволяет существенно увеличить срок работы трансформаторов. При этом надежность силовых трансформаторов с большим сроком службы практически не отличается от надежности трансформаторов в пределах расчетного ресурса.

В индустриально развитых странах на долю компаний – производителей электроэнергии приходится около 70% от общего числа как существующих, так и вновь закупаемых распределительных трансформаторов [2]. Доля трансформаторов со сроком службы более 25 лет в зависимости от класса напряжения в большинстве региональных сетевых компаний России составляет 50-70%, а со сроком службы более 45 лет достигает 8-12%. Срок службы некоторых трансформаторов превышает 70 лет [1].

Насущной проблемой по поддержанию надёжности силовых трансформаторов на должном уровне является оптимизация по срокам и объёмам ремонтных и профилактических работ, которая возможна при объективной и оперативной диагностике, позволяющей не только оценивать состояние составных частей оборудования и выявлять развивающиеся дефекты, но и делать объективные прогнозы по остаточному ресурсу [1].

Существующая на сегодняшний день методика комплексных обследований трансформаторов характеризуется высокой трудоёмкостью [5]. Это затрудняет получение оперативной и объективной информации об остаточном ресурсе оборудования и, как следствие, затрудняет принятие обоснованного решения о необходимости проведения ремонтно-восстановительных работ.

В связи с этим видится актуальным применение тех методов диагностики, которые с минимальными затратами ресурсов и времени, позволяют дать максимальную диагностическую информацию. При этом явной тенденцией последних лет является разработка дистанционных и непрерывных методов диагностики без отключения трансформаторов.

В настоящее время электроэнергетические компании активно разрабатывают методы диагностики, основанные на контроле отдельных компонентов изоляционных материалов, в частности фиксации их концентраций и скорости изменения.

Компонентами химического состава изоляционной жидкости, несущими диагностическую информацию, являются [4]:

- лёгкие газообразные вещества (H_2 , O_2 , N_2 , CH_4 , CO , CO_2);
- вода;
- фурановые соединения;
- антиоксиданты.

Методы хроматографического анализа растворенных в масле газов (ХАРГ) и физико-химического контроля имеют ряд несомненных преимуществ перед другими методами диагностики маслonaполненного оборудования. Главное из них – независимость физико-химических определений от основного функционального предназначения оборудования – передачи электроэнергии [3].

К недостаткам ХАРГ и физико-химического контроля можно отнести возможность потери образовавшихся «диагностических» веществ за счет новых химических реакций, за счет абсорбции или диффузии во внешнюю среду. Некоторые соединения могут образовываться случайным образом за счет процессов, не связанных с эксплуатационными воздействиями.

Диагностическая надёжность методов по контролю характерных веществ зависит от степени понимания физико-химических процессов (детализации моделирования), протекающих в маслonaполненном оборудовании – причин образования характерных веществ, факторов, влияющих на скорость и направление протекания химических реакций, абсорбционных процессов и т.д. Особое внимание следует уделить продуктам старения бумажной изоляции – оксид и диоксид углерода, а также фурановые соединения (шесть соединений: фурфурол, 2-фурфуриловый спирт, 2-ацетилфуран и др.). Веществам фуранового ряда придаётся особое значение, поскольку они могут быть исключительно следствием старения бумаги, в отличие от окислов углерода, которые могут появляться и вследствие иных процессов. Вместе с тем, обобщённая зависимость между концентрацией фурановых соединений и средней степенью полимеризация целлюлозной изоляции (которая является мерой её старения) не получена и она всегда будет зависеть от эксплуатационных режимов. [4]

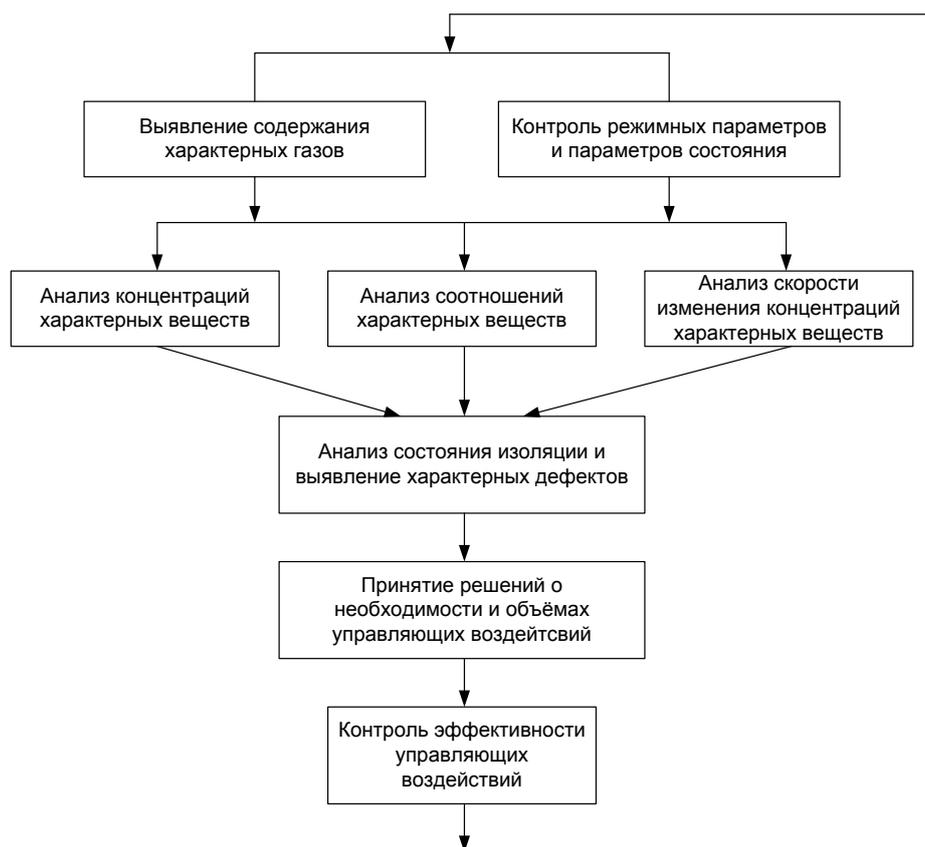
Для повышения адаптационных свойств методов диагностики необходима их привязка к режимам работы электротехнического оборудования, то есть контроль основных режимных показателей оборудования – нагрузки, влажности, температуры и т.п. Данный подход позволит повы-

сдать диагностическую надёжность, а также избавиться от двух существенных ограничений, возникающих при контроле фурановых соединений классическими методами – некорректная фиксация граничных значений вследствие их существенной абсорбции целлюлозной изоляцией и силикагелем, а также ограниченная оперативность и адекватность управляющих воздействий.

Новые возможности в оценке технического состояния и составления прогноза о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования появляются при регистрации и анализе малых и предельно малых концентраций характерных соединений. Так показано [6], что существенную роль в развитии электронного пробоя жидкостей, и трансформаторного масла в частности, играют микрочастицы и микропузырьки микронных и субмикронных размеров. В то же время, делается вывод о том, что чем ниже минимально определяемая концентрация диагностических веществ, тем выше точность прогноза в области больших значений срока службы [7].

В связи с этим представляется целесообразным разработка и изготовление приборов для регистрации малых и предельно малых концентраций характерных соединений. В настоящее время такие устройства могут быть выполнены на базе перспективного метода Cavity Ring Down Laser Spectroscopy (CRDS). Лазерные спектрометры, основанные на принципе CRDS (затухающего импульса лазерного излучения в резонаторе) обеспечивают измерение разнообразных веществ, как в газообразном, так и жидком состоянии, в том числе в труднодоступных местах и в экстремальных условиях.

Обобщенный алгоритм концепции диагностики силовых трансформаторов с применением метода CRDS представлен на рисунке. При этом предлагается осуществлять контроль по четырём характерным веществам: C_2H_2 , CO, CO_2 , фурфурол.



Литература

- 1 Ранжирование силовых трансформаторов по техническому состоянию. С.В. Живодерников, НСПБ филиал ОАО «Электросетьсервис» <http://forca.ru/stati/podstancii/ranzhirovanie-silovyh-transformatorov-potehni-cheskomu-sostoyaniyu.html>
- 2 Энергосбережение в Европе: применение энергоэффективных распределительных трансформаторов // Энергосбережение. – 2003. – №6; 2004. – №1
- 3 Аракелян В.Г., Дарьян Л.А. Идеологическая и приборно-аналитическая база физико-химического диагностического контроля высоковольтного маслонаполненного электрооборудования // Электротехника 1997 №12, с. 2-12.
- 4 Аракелян В.Г. Физико-химические основы эксплуатации маслонаполненного электротехнического оборудования // Москва – Тетрапринт 2012. – с 181 – 189, с. 414-416, с. 669 – 675.
- 5 Объемы и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97 Шестое издание (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.03.2001), утв. ОАО РАО «ЕЭС России» 08.05.1997

6 Дарьян Л.А. Исследование процесса образования газообразных продуктов разложения изоляции в высоковольтных импульсных конденсаторах при проведении ресурсных испытаний / Л.А. Дарьян // Электротехника.-2000, - № 9. – С. 30-36.

7 Дарьян Л.А., Дрожжин А.П., Коробейников С.М., Тесленко В.С., Аникеева М.А. Регистрация микропузырьков в трансформаторном масле // Письма в ЖТФ, 2008, том 34, вып. 17

N. Khasanzoda (Н. Хасанзода)

FEFU, Vladivostok

**FEATURES OF THE SOLUTION OF REGIME TASKS
IN DISTRIBUTION NETWORKS (ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ
РЕЖИМНЫХ ЗАДАЧ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ)**

Аннотация

Задачи оптимизации в электрических системах в настоящее время являются одной из основных областей исследования в электроэнергетике. Работа посвящена анализу особенностей решения задач по оптимизации режимов электроэнергетических систем и оптимизации проектных решений распределительных электрических сетях.

Введение

Современные электроэнергетические системы (ЭЭС) представляют собой сложные, многосвязные, пространственно разнесенные иерархические объекты, функционирующие в условиях переменности их структуры, параметров и режимов работы при многочисленных внешних и внутренних возмущениях как систематического, так и случайного характера. Режим работы электроэнергетической системы характеризуется рядом параметров, которые можно регулировать. К их числу относятся активные и реактивные мощности электростанций, нагрузки потребителей, нагрузки и токи линий электропередачи, напряжения в узлах эквивалентной схемы электрической сети, коэффициенты трансформации трансформаторов.

Анализ фактических режимов ЭС показывает, что выбор указанных параметров вручную без оптимизации даже опытными и квалифицированными сотрудниками диспетчерских служб очень часто приводит к отступлениям от условий допустимости, которых можно было бы избежать, и почти всегда к существенному ухудшению экономических показателей. Поэтому оптимальный выбор параметров ЭС является актуальным.

Оптимальное управление нормальными режимами ЭС состоит в том, чтобы обеспечить надежное снабжение потребителей электроэнергией требуемого качества при минимальных затратах.

Сегодня известно множество методов оптимизации для различных задач, возникающих в энергетике. Причем некоторые методы являются эффективными только для конкретной задачи и не совсем непригодными для других. Как правило, наиболее мощные оптимизационные методы требуют больших затрат машинного времени для соответствующих задач оптимизации энергосистем. С другой стороны, более быстрые методы обычно менее надежно сходятся и (или) для них нужны ограничительные формулировки задачи и допущения при моделировании [3]. Ни один из используемых на практике методов не гарантирует получение решения задачи, имеющей допустимые решения, и не гарантирует определение глобального оптимума. На сегодняшний день невозможно сказать, будет ли разработан один-единственный метод, который бы обладал необходимым быстродействием, надежностью и гибкостью для решения всех оперативных задач.

Проектирование, сооружение объектов электрической сети и их эксплуатация связаны с большими материальными затратами. Поэтому важно, чтобы эти затраты были использованы с наибольшей эффективностью. При этом следует учитывать, что правильность решений по развитию систем передачи и распределения электроэнергии, принимаемых в какой-то момент, может проявляться через достаточно длительное время, когда допущенные ошибки исправить невозможно или очень трудно. Дополнительные трудности при выработке решения связаны с тем, что обычно присутствует неопределенность и недостаточная достоверность исходной информации.

Задачи оптимизации проектных решений распределительных электрических сетей

Эффективность функционирования распределительных сетей в значительной степени зависит от принятых решений при проектировании новых и модернизации существующих сетей. При этом оптимизация проектных решений – задача комплексная, в которой в качестве критериев оптимизации используются такие важнейшие показатели как пропускная способность, качество электроэнергии, надежность электроснабжения, капитальные затраты, потери электроэнергии.

Один из основных параметров, выбираемых при проектировании сети – это ее номинальное напряжение. Применение повышенных напряжений приводит к увеличению пропускной способности. Если же расчетная нагрузка остается неизменной, то снижаются нагрузочные потери мощности и энергии. Действительно, если, например, вместо напряжения 220 В применить напряжение 380 В, то потери мощности снизятся в 3 раза. Аналогичное снижение потерь будет в случае использования напряжения 10кВ вместо 6 кВ: $(10/6)^2 \approx 2.8$. Если же применить напряжение 20 кВ вместо 10 кВ, то при неизменной нагрузке потери мощности уменьшатся в 4 раза. Конечно, следует иметь ввиду, что с повышением напряжения возрастают капитальные затраты, прежде всего на электрооборудование подстанций (трансформаторы, выключатели и т. п.). Кроме того, существенным ограничением является то, что нецелесообразно в одном географическом районе, в одной распределительной сети иметь несколько номинальных напряжений по условиям эксплуатации, обеспечения резервирования и т. п. Поэтому при проектировании конкретной сети оптимизацию номинального напряжения обычно не делают. Эту задачу, как правило, решают на более ранней стадии при проведении специальных исследований, в результате которых для данного региона определяют оптимальную систему напряжений [2], кВ: 110–35–6–0.38; 110–35–10–0.38; 110–20–0.38; 110–10–0.38; 110–6–0.38.

Другим важнейшим оптимизируемым параметром является величина мощности компенсирующих устройств. Установка компенсирующих устройств комплексно положительно влияет на режим сети, так как позволяет снизить не только потери мощности и энергии, но и улучшить качество напряжения, а также повысить пропускную способность по активной мощности. Дополнительная эффективность применения компенсирующих устройств может быть достигнута за счет оснащения их установками автоматического регулирования мощности.

В условиях модернизации и реконструкции сети также возможны различные пути оптимизации проектных решений. Так, иногда оказывается эффективным упорядочение мощностей трансформаторов в распределительных сетях, а также замена морально устаревших трансформаторов. Известно, что с течением времени неизбежны отклонения реальных нагрузок трансформаторов от проектных. Если некоторые трансформаторы оказываются перегруженными, то по техническим условиям требуется их замена на трансформаторы большей мощности. При этом снижение потерь электроэнергии проявляется в виде сопутствующего эффекта. Он связан с тем, что уменьшение нагрузочных потерь оказывается большим, чем некоторое увеличение потерь холостого хода [2].

Критерии оптимизации

В любом случае для оптимизации параметров предварительно должен был выбран критерий оптимизации. При наиболее общем подходе обычно в качестве показателя эффективности решений выступает не один, а несколько критериев, то есть приходится решать многокритериальную (многоцелевую) задачу. Например в качестве критериев могут выступать капитальные затраты, потери электроэнергии, пропускная способность сети, степень надежности электроснабжения, ее степень воздействия на окружающую среду и др.

Методы решения многокритериальных задач электроэнергетики описаны в специальной литературе. В простейшем случае многокритериальная задача сводится к однокритериальной, в которой оптимизация параметров объекта осуществляется по одному критерию, принятому за главный, а остальные критерии учитываются в виде ограничений.

Фактически задачу оптимизации параметров начинают решать уже на стадии выбора основных проектных решений, таких, например, как выбор конфигурации сети, номинального напряжения линий, площадь сечений их проводов и др. При этом основная цель заключается в достижении требуемого технического эффекта (необходимых пропускной способности, надежности электроснабжения, качества напряжения и т.п.) с минимально возможными денежными затратами [2].

Особенности решения режимных задач

В процессе реструктуризации энергетики разрабатываются методические материалы и программные продукты, необходимые для функционирования конкурентного рынка электроэнергии. Большая часть этих за-

дач связана с тарифами на покупку и продажу энергетической продукции. При этом важное значение имеют задачи определения стоимости электроэнергии и мощности в электрических системах при адресном распределении. Современные условия выдвигают новые требования к принципам и методам решения режимных задач. Новыми являются задачи адресного расчета потоков и потерь мощности в системе и оценка их стоимости. Задачи такого вида достаточно разнообразны и их можно разделить на три группы [4].

- Оптимальное распределение активной мощности в энергосистеме с адресной оценкой стоимости потоков и потерь мощности во всех ее элементах (узлах и ветвях).

- Адресное распределение потерь мощности и электроэнергии с оценкой их стоимости для сетевого предприятия.

- Перспективная задача составления баланса мощности с прогнозом на 5–20 лет с учетом адресного распределения потерь мощности и электроэнергии между составляющими баланса.

Заключение

Проблема оптимизации режимов ЭЭС актуальна. Оптимизация режимов направлена на удовлетворение требований потребителей к экономичности энергоснабжения. При оптимизации повышается эффективность использования ресурсов, оборудования, энергетических процессов. Оптимизация снижает затраты и повышает конкурентные преимущества энергетического предприятия на рынке.

Литература

1. Холмский В. Г. Расчет и оптимизация режимов электрических сетей / В. Г. Холмский. М: Высшая школа, 1975.

2. Оптимизация в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] электрон. учебник-Режим доступа: <http://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=1170>

3. Брайан Скотт, Ongun Alsac. Анализ безопасности и Оптимизация//IEEE 1987. Издание 75, N12.

4. Русина А.Г. Определение стоимости потоков и потерь мощности и энергии в сетевом предприятии оптового электроэнергетического рынка // Электроэнергия и будущее цивилизации: Матер. докл. Междунар. Научно-техн. конф. – Томск, 2004. – С. 170–173.

*I. Shabalin, P. Gordienko, V. Dostovalov, S. Bulanova, S. Yarusova,
S. Somova, A. Suponina (2 И.А. Шабалин, 2 П.С. Гордиенко,
1 В.А.Достовалов, 2 С.Б. Буланова, 2 С.Б. Ярусова, 2С.Н. Сомова,
2 А.П. Супонина)*

¹FEFU, Vladivostok

²Institute of chemistry FEB RAS, Vladivostok

THE SORPTION PROPERTIES OF SYNTHETIC SILICATES (СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ СИЛИКАТОВ)

Аннотация

При всем разнообразии существующих сорбентов, применяемых для сорбции радиоактивных изотопов цезия, кобальта, стронция, особое место занимают природные и синтетические силикаты и композиционные сорбенты на их основе. Продолжается поиск новых путей получения синтетических силикатов с заданной структурой, составом и свойствами, исследование их сорбционных свойств, селективности и кинетических показателей. В представленной работе изложены результаты исследования, сорбционных и кинетических свойств алюмосиликата кальция, полученного в многокомпонентной системе $\text{CaCl}_2\text{--AlCl}_3\text{--KOH--SiO}_2\text{--H}_2\text{O}$, и силиката бария по отношению к ионам Sr^{2+} из водных растворов хлорида стронция и из растворов с солевым фоном, имитирующим состав воды озера – накопителя № 11 ПО «Маяк».

Ранее показано, что наноструктурированные синтетические алюмосиликаты калия (САК), полученные из водных растворов в многокомпонентной системе $\text{KOH--Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O--SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O--H}_2\text{O}$, имеют высокую сорбционную емкость по отношению к ионам Cs^+ из водных растворов с высоким солевым фоном, устойчивы в щелочных средах и характеризуются высокими кинетическими параметрами в статических условиях сорбции [1–4]. Алюмосиликаты, получаемые из водного раствора, являются рентгеноаморфными, поэтому весьма трудно сделать вывод о чистоте получаемой силикатной (цеолитовой) фазы, но по элементному составу и соотношению можно сделать вывод о доминирующем составе полученного вещества. Структура алюмосиликатов (цеолитов) зависит от соотношения $\text{Al}:\text{Si}$, содержания в них воды и определяется температурой, состава-

вом исходных реагентов, используемых при синтезе, природой щелочных компонентов.

В данной работе представлены данные по синтезу, составу и сорбционным свойствам синтетического алюмосиликата кальция, полученного в многокомпонентной системе $\text{CaCl}_2\text{--AlCl}_3\text{--KOH--SiO}_2\text{--H}_2\text{O}$, и силиката бария.

В качестве исходных веществ для синтеза алюмосиликата кальция с заданным соотношением Al:Si , равным 2:2, использовали следующие реагенты: хлорид кальция CaCl_2 квалификации «ч.», хлорид алюминия $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ квалификации «ч.», диоксид кремния $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ квалификации «ч.» и гидроксид калия KOH квалификации «ч. д. а.». Исходные компоненты взяты (относительно предполагаемого состава безводного конечного продукта) в стехиометрическом соотношении, соответствующем получению алюмосиликата состава $\text{CaAl}_2\text{Si}_n\text{O}_{(n+2)} \cdot m\text{H}_2\text{O}$ (I) согласно химической реакции:



где $n = 2$.

Для синтеза силиката бария использованы следующие реагенты: хлорид бария квалификации «х.ч.», гидроксид калия KOH квалификации «х.ч.» и кислота кремневая водная $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ квалификации «ч.д.а.».

Опыты по сорбции проводили в статических условиях из растворов хлорида стронция $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ при 20°C . Для получения изотерм сорбции Sr^{2+} из растворов с нулевым солевым фоном в серию пробирок помещали навески сорбента по 0.2 г, заливали их 20 мл водного раствора хлорида стронция с разными начальными концентрациями ионов Sr^{2+} в диапазоне от 0.5 до 11.1 ммоль·л⁻¹ и перемешивали на магнитной мешалке RT 15 power (ИКА WERKE, ФРГ) в течение 3 ч. Затем растворы отделяли от сорбента фильтрованием через бумажный фильтр «белая лента» и определяли в фильтратах концентрацию ионов Sr^{2+} , Ca^{2+} и K^+ . Для исследования зависимости коэффициента распределения стронция (K_d) от соотношения твердой и жидкой фаз (1:40, 1:100, 1:400, 1:1000, 1:2000, 1:5000) при сорбции ионов Sr^{2+} АСК из растворов с нулевым солевым фоном и из растворов, имитирующих состав воды озера-накопителя № 11 ПО «Маяк», в серию пробирок помещали навески сорбента соответствующей массы, заливали их 20 мл соответствующего раствора с начальными концентрациями ионов Sr^{2+} в диапазоне от 0.12 до

0.33 ммоль·л⁻¹ (в зависимости от проводимого эксперимента). Для получения данных по сорбции ионов Sr²⁺ в статических условиях из водных растворов сложного ионного состава были приготовлены растворы, имитирующие состав воды озера-накопителя № 11 ПО «Маяк». Состав раствора, мг·л⁻¹: Sr²⁺–10–12; Ca²⁺–100; Mg²⁺–75; Na⁺–132; K⁺–15; Cl⁻–82; SO₄²⁻ – 650 [5].

Содержание ионов Sr²⁺, Ca²⁺ и K⁺ в фильтратах после сорбции определяли атомно-абсорбционным методом на спектрометре AA-Solaar фирмы Samsung в пламени по аналитическим линиям 460.7 нм, 422.6 нм и 766.5 нм соответственно. Предел обнаружения ионов стронция в водных растворах составляет 0.002 мкг·мл⁻¹, кальция – 0.0005 мкг·мл⁻¹, калия – 0.002 мкг·мл⁻¹.

Установлено, что для алюмосиликата кальция при соотношении Т:Ж=1:100 при температуре 20°С степень извлечения ионов стронция превышает 90 %, а коэффициент межфазного распределения K_d=1405. С увеличением Т:Ж до 1:1000 K_d увеличивается незначительно (до 2232), но степень извлечения уменьшается до 69,4 %. Для силиката бария при соотношении Т:Ж=1:100 при температуре 20°С степень извлечения ионов Sr²⁺ достигает 95 %, а K_d=1640, и с увеличением соотношения Т:Ж до 1000 K_d увеличивается до 2270. Определена степень извлечения ионов Sr²⁺ из раствора, имитирующего воды озера-накопителя № 11 ПО «Маяк» при различных соотношениях Т:Ж.

Экспериментальные данные по кинетике сорбции ионов Ca²⁺ и Sr²⁺ из раствора, имитирующего воды озера-накопителя № 11 ПО «Маяк», обработаны с использованием уравнения псевдо-второго порядка [6]:

$$1/A_t = 1/A_m - 1/(k_2 \cdot A_m^2 t), \quad (1)$$

где A_t–текущая величина степени извлечения ионов (в относительных ед.); A_m– максимальная величина степени извлечения ионов (в относительных ед.); k₂–константа реакции псевдо-второго порядка (час⁻¹); t– время сорбции (час).

Временные зависимости степени извлечения ионов Ca²⁺ и Sr²⁺, согласно уравнению (1), представлены на рис.1 и описываются уравнениями $y = 0,0449x + 1,107$ и $y = 0,0072x + 1,051$, соответственно, с коэффициентами корреляции R², близкими к 1. Параметры A_m = 0,9033 и k₂ = 27,3 час⁻¹ – для ионов кальция и A_m = 0,9513 и k₂ = 153,6 час⁻¹ – для ионов стронция.

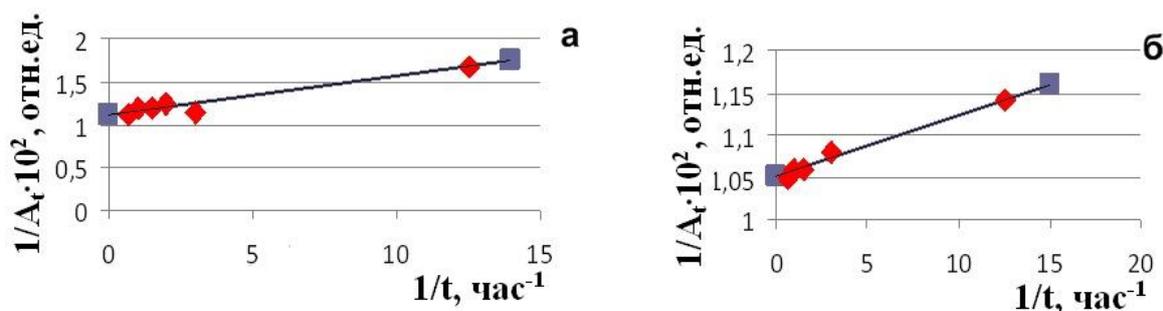


Рис. 1. Кинетическая модель псевдо-второго порядка при сорбции ионов:
а – кальция; б - стронция

Данные по кинетике обработаны и с использованием уравнения Колмогорова-Ерофеева для анализа топохимических процессов:

$$\alpha = 1 - \exp(kt^n), \quad (2)$$

где α – степень извлечения ионов; k – параметр процесса сорбции, связанный с константой реакции соотношением $k=1/K^n$; n – порядок реакции.

Кинетика топохимических процессов сорбции для ионов Ca^{2+} и Sr^{2+} , представленная на рис.2, описывается уравнением (3), полученным после двойного логарифмирования уравнения (2):

$$\ln[-\ln(1-\alpha)] = \ln k + n \ln t \quad (3)$$

Из графических зависимостей (рис.2) следует, что кинетика этих реакций описывается линейными уравнениями: $y=0,7029+0,2587x$ (с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,8638$) и $y=1,0529+0,1173x$ (с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9918$) для ионов кальция и стронция соответственно. Из полученных зависимостей следует, что порядок реакции для процесса сорбции ионов Ca^{2+} равен 0,2587, а для ионов Sr^{2+} – 0,1173. Такие величины порядка реакции характерны для процессов, контролируемых диффузией.

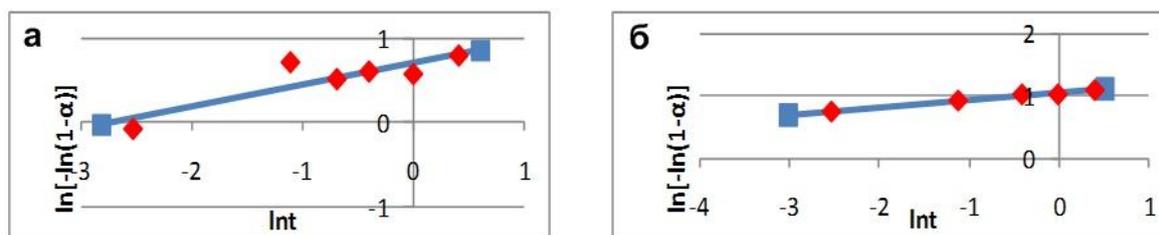


Рис.2. Кинетика топохимических процессов сорбции ионов:
а – кальция; б – стронция

В результате исследований установлено, что максимальная степень извлечения ионов Sr^{2+} , более 95 %, получена для образца силиката бария, а для синтезированного алюмосиликата кальция равна 90 %, что в два раза превышает степень извлечения ионов Sr^{2+} из подобных растворов с

применением силикатов, состав и сорбционные свойства которых приведены в работе [5].

Литература

1. Гордиенко П.С., Ярусова С.Б., Буланова С.Б., Шабалин И.А., Курявый В.Г. Использование синтетического алюмосиликата для сорбции ионов цезия // Химическая технология. 2013. Т.14, № 3. С. 185–192.

2. Патент 2510292 Российская Федерация, МПК В01J 20/30, В01J 20/16. Способ получения сорбента цезия / Гордиенко П.С. Шабалин И.А. Ярусова С.Б. № 2012138231/05; заявл. 06.09.2012; опубл. 27.03.14, Бюл. № 9 . – 15 с.

3. Патент 2516639 Российская Федерация, МПК В01J 20/30, В01J 20/16. Способ получения сорбента цезия / Гордиенко П.С. Шабалин И.А. Ярусова С.Б. № 2012138232/05; заявл. 06.09.2012; опубл. 27.03.14, Бюл. № 9 . – 15 с.

4. Гордиенко П.С., Ярусова С.Б., Шабалин И.А., Железнов В.В., Зарубина Н.В., Буланова С.Б. Сорбционные свойства наноструктурированного алюмосиликата калия // Радиохимия. 2014., Т 56. Вып. 6. С. 518–523.

5. Баранова О.Ю. Защита водных объектов от техногенных радионуклидов сорбентами на основе опалкристобалитовых пород // автореф. дис...канд. тех. наук. – Екатеринбург, 2006. – 19 с.

6. Coleman N. J., Brassington D. S., Raza A., Mendham A. P. Sorption of Co^{2+} and Sr^{2+} by waste-derived 11 Å tobermorite // Waste Management. 2006. Vol. 26. P. 260–267.

G. Sheveleva (Г.И. Шевелева)

Energy Systems Institute L.A. Melentyev, SB RAS, Irkutsk

DIRECTIONS TO IMPROVEMENT OF CORPORATE GOVERNANCE IN THE RUSSIAN ELECTRIC POWER INDUSTRY IN THE INTERESTS OF INVESTORS (НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ В ИНТЕРЕСАХ ИНВЕСТОРОВ)

Аннотация

Предложены приоритетные направления улучшения корпоративного управления для российских генерирующих компаний электроэнергетики в интересах инвесторов. Эти направления, главным образом, основаны на обобщенных результатах оценки несоответствий текущей практики их корпоративного управления принципам и рекомендациям Кодекса корпоративного управления Банка России, свойственных подавляющему большинству из этих компаний. Учтены национальные особенности корпоративного управления, практика его лучшего отраслевого аналога, результаты исследований практики корпоративного управления компанией Спенсер Стюарт в крупнейших российских компаниях по сравнению с другими странами.

Корпоративное управление – понятие, охватывающее систему взаимоотношений между исполнительными органами акционерного общества, его Советом директоров, акционерами и другими заинтересованными сторонами. Совершенствование корпоративного управления в России – важнейшая мера, необходимая для повышения устойчивости, эффективности деятельности акционерных обществ, увеличения притока инвестиций во все отрасли российской экономики как из источников внутри страны, так и от зарубежных инвесторов [1]. При этом термин «корпоративное управление» («corporate governance») подразумевает высший уровень руководства в компании – «корпоративную власть», а не привычное – «corporate management» – оперативное, тактическое управление.

Роль корпоративного управления в повышении инвестиционной привлекательности российских генерирующих компаний электроэнергетики во многом недооценена. В большинстве из этих компаний оно формально, декларативно, имеет временный характер улучшения и не соответствует стандартам наилучших корпоративных практик. Подтверждением этому явились результаты выполненных автором исследований корпо-

ративного управления за период 2005-2013 гг. по 21 генерирующей компании электроэнергетики, выделенных в конкурентный сектор при реформировании РАО «ЕЭС России» [2]. Стандартами наилучших корпоративных практик считались, главным образом, обобщенные и общепризнанные в мире нормы и правила корпоративного управления государств Организации экономического сотрудничества и развития (справедливость, ответственность, прозрачность и подотчетность).

По результатам этих исследований были предложены направления улучшения корпоративного управления в российской электроэнергетике в интересах инвесторов. Они, в основном, касались совершенствования положений Кодекса корпоративного поведения (рекомендован Федеральной комиссией по ценным бумагам России в 2002 г. к применению акционерными обществами) и необходимых в этой связи рекомендаций для внешних изменений, включая российские корпоративное и гражданское законодательство.

Дальнейшие исследования текущей практики корпоративного управления в российских генерирующих компаниях электроэнергетики не выявили значительных улучшений в данной области. Оценка соответствия действующих систем корпоративного управления в этих компаниях (включая закрепленные во внутренних документах) принципам и рекомендациям Кодекса корпоративного управления Банка России (далее по тексту Кодекс), включая данные отчетов компаний «О соблюдении принципов и рекомендаций Кодекса корпоративного управления Банка России» [3], выявила существенную долю несоответствий у большинства отечественных отраслевых компаний.

Количество таких несоответствий только увеличилось при рассмотрении дополнительных ключевых критериев из рекомендованных Кодексом по каждому из его принципов к «типовому» перечню рекомендаций в отчетах компаний по их соблюдению.

Подобная практика соблюдения расширенного перечня рекомендаций Кодекса применяется ОАО «Э.ОН Россия», являющегося лучшим аналогом корпоративного управления в российской электроэнергетике. Обобщенный перечень выявленных несоответствий корпоративного управления в российских генерирующих компаниях электроэнергетики принципам и рекомендациям Кодекса, свойственных их подавляющему большинству, приведен в табл. 1.

Несоответствия корпоративного управления в российских генерирующих компаниях электроэнергетики принципам и рекомендациям Кодекса

Принципы Кодекса (в общем виде)	Несоответствия принципам и рекомендациям Кодекса
Права и равенство условий для акционеров	Внутренние документы компаний отличаются отсутствием: отдельных важных для инвесторов процедур созыва и проведения общих собраний акционеров (ОСА); закрепленных обязанностей по недопустимости действий, приводящих к перераспределению корпоративного контроля; современных норм, закрепляющих возможность обсуждения и голосования посредством конференц-связи и видеоконференц-связи; исчерпывающей информации о кандидатах в члены советов директоров (СД) в материалах при подготовке и проведении ОСА; сведений в протоколах ОСА о кандидатах в члены СД, считающихся среди них независимыми; утвержденных документов, определяющих дивидендную политику; положений для предварительного обсуждения акционерами выдвигаемых в СД кандидатов.
Совет директоров	Отсутствие или малое число независимых директоров в составе СД; нет оценки СД соответствия кандидатов в его члены критериям независимости; несоответствие рассматриваемых вопросов на очных заседаниях СД рекомендуемому перечню; не созданы иные комитеты СД (кроме обязательных – по аудиту, номинациям и вознаграждениям); отсутствие практики регулярных, всесторонних, с учетом различных мнений обсуждений в СД и его комитетах; отсутствие независимых директоров в составе комитетов СД и слабая проработанность функций этих комитетов; нет оценки эффективности СД; не обеспечена СД прозрачность, своевременность и полнота раскрытия информации.
Корпоративный секретарь	Отсутствие во внутренних документах «Положения о корпоративном секретаре»; сужение рекомендованных функций; недостаточно информации о знаниях, опыте, квалификации и репутации корпоративного секретаря.
Система вознаграждения	Отсутствие единого подхода к созданию систем вознаграждений; непрозрачность механизмов определения и размеров вознаграждений членам СД, исполнительным органам и другим ключевым руководящим работникам; не

	внедрена программа долгосрочной мотивации членов исполнительных органов и других ключевых руководящих работников.
Система управления рисками и внутреннего контроля	Неподотчетность СД руководителей подразделения внутреннего аудита; отсутствие антикоррупционной политики; отсутствие необходимых мер контроля СД действенности и эффективного функционирования систем управления рисками и внутреннего контроля.
Раскрытие информации и информационная политика	Отсутствие: рекомендованных способов взаимодействия с инвесторами и другими заинтересованными лицами; информации о системе и практике корпоративного управления; процедур для координации работы всех служб и структурных подразделений, связанных с раскрытием информации; информации о структуре капитала, бенефициарах; аудиторских и заключений аудиторской проверки в годовой и промежуточной отчетности; информации о подконтрольных компании и существенных для нее юридических лицах. Несвоевременность и неполнота раскрытия информации в Годовых отчетах.
Существенные корпоративные действия	Не определены перечень и критерии существенных корпоративных действий или сделок, принципы обеспечения равных условий для всех акционеров при совершении этих действий; не закреплены во внутренних документах дополнительные меры для защиты прав и законных интересов акционеров.

На основе углубленного анализа несоответствий, представленных в табл. 1, установлена ответственность Советов директоров за эти нарушения. Именно они, исходя из принципов и рекомендаций Кодекса:

- являются гарантом соблюдения прав и равных условий для акционеров;
- утверждают внутренние документы компаний;
- разрабатывают и утверждают политику компаний по вознаграждениям, обеспечивают контроль над внедрением и реализацией этой политики, при необходимости – пересматривают и вносят в нее коррективы;
- определяют принципы и подходы к организации системы управления рисками и внутреннего контроля, отслеживают соответствие им действующей системы и эффективность ее функционирования;

- обеспечивают разработку и внедрение информационной политики, прозрачность, своевременность и полноту раскрытия информации, необременительный доступ к ней акционеров;
- осуществляют контроль над практикой корпоративного управления, играют ключевую роль в существенных корпоративных действиях;
- утверждают независимых оценщиков при осуществлении существенных корпоративных действий для защиты прав и законных интересов акционеров.

Предложено рассматривать совершенствование Советов директоров в российских генерирующих компаниях электроэнергетики в интересах инвесторов в качестве приоритетного направления улучшения их корпоративного управления. Приоритетность этого направления дополнительно подтверждена: результатами исследований автора национальных особенностей корпоративного управления и корпоративной практики управления в компаниях электроэнергетики за период 2005-2013 гг.; исследованиями корпоративного управления компанией Спенсер Стюарт в крупнейших российских компаниях в сравнении с другими странами [4].

Предложены основные направления совершенствования Советов директоров в российских генерирующих компаниях электроэнергетики. Они касались, главным образом, повышения их эффективности посредством определенных изменений в кадровой политике (при выдвижении, обсуждении, избрании кандидатур), в функционировании Советов директоров и деловой культуры. В этой связи особое внимание уделено: компетенциям и поведенческим характеристикам директоров (по концепции «эффективного Совета» Джиллиса, Барта и Леблана [5]); вовлеченности директоров через очный формат в дела компании; созданию подходов и систем вознаграждения членам Советов директоров; регулярной оценке их эффективности; морально-этическим качествам.

Литература

1. Кодекс корпоративного управления // Вестник Банка России. Нормативные акты и оперативная информация Центрального Банка РФ. – 18 апреля 2014 г. – № 40 (1518)
2. Шевелева Г.И. Корпоративное управление как фактор инвестиционной привлекательности российских генерирующих компаний электроэнергетики: автореф. дис. ... канд. экон. наук. – Иркутск: БГУЭП, 2015. – 22 с.

3. Приложения «О соблюдении принципов и рекомендаций Кодекса корпоративного управления Банка России» в Годовых отчетах российских генерирующих компаний электроэнергетики за 2014 г.– официальные сайты компаний в сети «Интернет».

4. Российский индекс совета директоров Спенсер Стюарт (2014 г.) – [Электронный ресурс] URL:<http://www.spencerstuart.com> (обращение 22.01.2016)

5. Джиллис Дж., Барта П., Леблан Р. Структура против функции: эволюция корпоративного управления (на примере США). // Российский журнал менеджмента – 2006. – Т. 4. – № 1.– С. 147–162.

СЕКЦИЯ 5. ЭНЕРГЕТИКА

Подсекция «Теплоэнергетика»

*G. Babenko, G. Zakharov, K. Tsygankova (Г.С. Бабенко,
Г.А. Захаров, К.В. Цыганкова)*

FEFU, Vladivostok

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF MECHANIZED BOILERS OF LOW POWER WHEN OPERATING ON LOW-GRADE BROWN COAL (ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА НИЗКОСОРТНЫХ БУРЫХ УГЛЯХ)

Аннотация

Неудовлетворительное техническое состояние централизованных систем теплоснабжения и явная тенденция к повышению стоимости отпускаемой тепловой энергии привели к вынужденному развитию в последние годы ограниченных по протяженности систем децентрализованного теплоснабжения, характерных для автономных потребителей и систем жилищно-коммунального хозяйства. Теплоисточники, с установленными в них котлами малой мощности, позволяют значительно снижать долю тепловых потерь при транспортировке теплоносителя, что приводит к более рациональному использованию энергетических ресурсов. Доля автономных котельных малой мощности растет с каждым годом, в связи с чем, возникает потребность в усовершенствовании технологии слоевого сжигания органического топлива и увеличении КПД теплогенераторов.

В данной работе рассматривается возможность применения механизированных котлов малой мощности, оснащенных топкой с наклонно-переталкивающей колосниковой решеткой для сжигания в слое низкосортных влажных бурых углей, а так же конструкция водогрейных котлов прямоугольного поперечного сечения.

В сложившейся ценовой политике на рынке энергоресурсов Приморского края, наиболее целесообразным представляется использование в качестве топлива низкосортных бурых углей, имеющих ряд очевидных недостатков, таких как высокое влагосодержание и низкая теплотворная способность.

В Приморском крае разведено и эксплуатируется несколько крупных буроугольных месторождений, такие как: Артемовское, Супутинское, Бакинское, Реттиховское, Майхинский угленосный район, Хасанское и другие, с запасами бурых углей в сотни миллионов тонн. Большинство месторождений разрабатываются открытым способом, а угли имеют схожие характеристики и состав. Отличительной особенностью используемых для нужд теплоснабжения региона углей являются неприемлемые условия хранения «под открытым небом» на протяжении отопительного периода, приводящих к повышению содержания внешней влаги в исходном топливе.

Котельный парк теплоисточников малой мощности в настоящее время представлен котлами устаревших конструкций с низкими технико-экономическими характеристиками. Новые котлы, устанавливаемые в котельных и изготавливаемые различными предприятиями России, не предназначены для сжигания низкосортных влажных углей и зачастую не соответствуют техническим требованиям на изготовление, а их теплопроизводительность значительно ниже заявленных производителями паспортных данных [1].

Вышеуказанные факторы приводят к необходимости модернизации котельного оборудования и усовершенствовании технологии сжигания твердого топлива. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, направленные на оптимизацию топочных процессов и разработка новых механизированных высокоэкономичных котлов, конструкция которых соответствует современным требованиям по энергосбережению, общим техническим условиям на проектирование, изготовление и монтаж.

Опыт эксплуатационных организаций региона и анализ технико-экономических характеристик котлов и топочных устройств известных конструкций позволяет сделать вывод о целесообразности применения механизированных котлов малой мощности, оснащенных топкой с наклонно-переталкивающей колосниковой решеткой для сжигания низкосортных углей с высоким влагосодержанием в слое. Эффективность указанного топочного устройства обуславливается наличием зоны подсушки поступающего в топку топлива, которая находится в верхней части наклонно-переталкивающей колосниковой решетки.

Так же, значительным преимуществом топок с наклонно-переталкивающей решеткой является непрерывное взаимное перемещение частиц топлива (шуровка слоя), происходит сбрасывание с их поверхности золы;

кроме того, перемешивание слоя топлива способствует равномерному и стабильному горению, более раннему зажиганию. В отличие от механизированных топочных устройств с периодической подачей топлива типа «шурующая планка», получивших широкое распространение в настоящее время, топка с наклонно-переталкивающей решеткой предусматривает постоянство подачи топлива и равномерное тепловыделение в рабочей зоне колосниковой решетки.

Котлы, оснащенные топкой с наклонно-переталкивающей колосниковой решеткой, получили широкое применение в США, Китае и ряде других стран для сжигания низкосортных видов твердого топлива.

Принцип действия наклонно-переталкивающей колосниковой решетки состоит в следующем: топливо подается системой топливоподачи в верхнюю часть котельного зала, откуда под действием гравитационных сил опускается в загрузочные бункеры топок, и из них поступает на полотно колосниковой решетки, имеющее чередующееся расположение подвижных и неподвижных ступенчатых чугунных колосников, возвратно-поступательное движение которых обеспечивается одним или несколькими приводами, что позволяет менять величину хода и скорость движения решетки в зависимости от сорта топлива и требуемой производительности. Порция топлива попадает из загрузочного бункера на полотно колосниковой решетки, где происходит его возгорание за счет одностороннего зажигания излучением топочного факела, а также вследствие непосредственного контакта с уже загоревшимися кусками топлива. [2].

Для сжигания низкосортных видов топлива с повышенным влагосодержанием в начале решетки, при большей высоте слоя, происходит прогрев и подсушка частиц топлива, его газификация и воспламенение газов в непосредственной близости от частиц. Затем наступает период интенсивного полного горения, в дальнейшем, окончание пламенного горения, розжиг и горение коксовой (углеродной) основы топлива с ясно видимым ореолом сгорающей окиси углерода CO.

Однако известные на сегодняшний день механизированные водогрейные котлы малой мощности обладают рядом недостатков, таких как: низкая эффективность при работе на низкосортном топливе, быстрое загрязнение конвективных поверхностей нагрева сажистыми (золовыми) частицами и, как следствие, снижение КПД котлоагрегата, невозможность транспортировки котла единым блоком. Кроме того, при использовании

топочных устройств в виде решеток прямого хода или наклонной переталкивающей решетки, изготовление котла совместно с топкой в виде единого блока становится затруднительным, что приводит к увеличению затрат на производство, доставку и монтаж.

Для повышения эффективности работы и обеспечения возможности транспортировки котла в виде единого блока высокой готовности к работе сотрудниками кафедры «Инженерных систем зданий и сооружений» ДВФУ была разработана и защищена патентами РФ конструкция водогрейных котлов малой мощности прямоугольного поперечного сечения (рис. 1) [3,4,5].

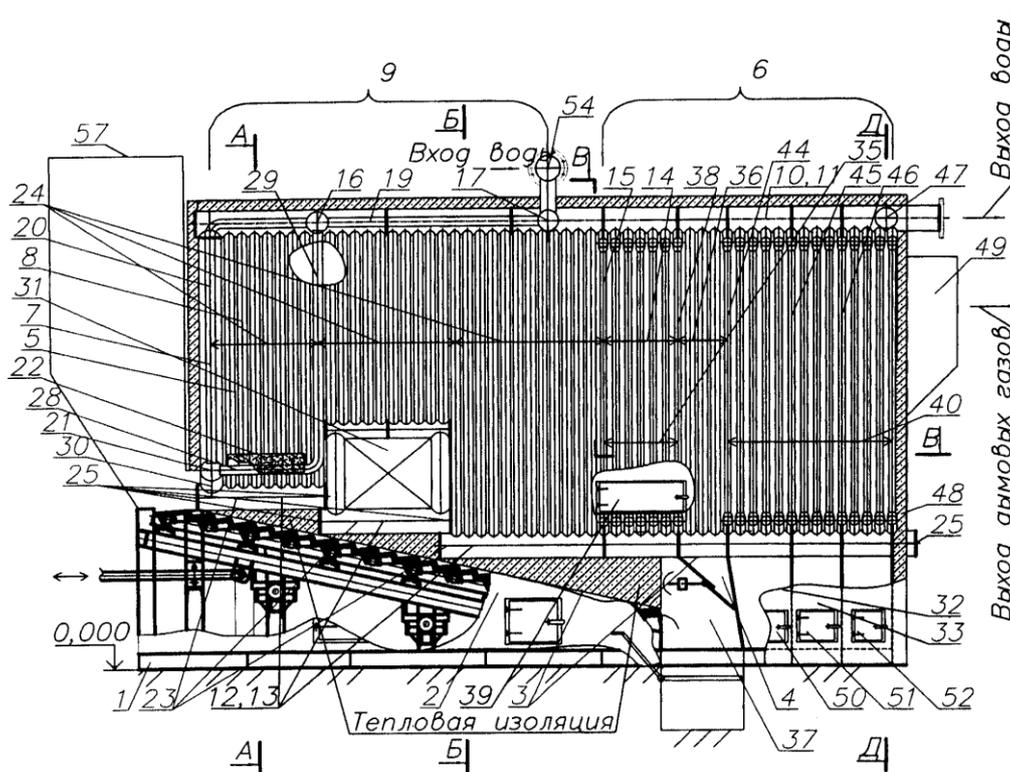


Рис.1. Конструкция водогрейного котла прямоугольного поперечного сечения (продольный вертикальный разрез)

На рис.1 показаны: фундамент 1; корпус 2 и основание 3 наклонной переталкивающей решетки; осадительная камера 4; топка 5; конвективный блок 6; фронтальной 7, боковые 8 и потолочный 9 топочные экраны; верхние 10 и 11 и нижние 12 и 13 продольные коллекторы котла; лучисто-конвективный газоход 14; первая плавниковая трубчатая панель 15; трубчатые поперечные связи 16 и 17, их торцы 18; продольные горизонтальные трубы 19; вертикальные трубы 20; поперечный коллектор 21; горизонтальный зажигательный свод 22; ступенчатые трубчатые участки 23;

вертикальные трубные панели 24; торцы 25 участков 23; шамотные кирпичи 26, их кромки 27; горизонтальные участки 28 Г-образных опускных труб 29; вертикальные стояки 30 боковых экранов 8; сквозной лаз с дверью 31; осадительные камеры 32, 33 и 34; лучисто-конвективный узел 35; расширительная камера 36; приемная камера золы 37; вторая плавниковая трубчатая панель 38; дверь 39; конвективный узел 40; конвективные газоходы 41- 43; вертикальные третья-пятая плавниковые панели 44-46; верхний поперечный коллектор, 47; газоплотная изоляция заднего фронта котла 48; выходной дымовой короб 49; двери осадительных камер 50-52; окна 53 плавниковых панелей; патрубков 54 входа воды в котел, верхние 55 и нижние 56 поперечные коллекторы конвективного блока; топливный бункер 57.

Котел монтируется единым блоком, включающей фундамент 1 (объединяющий, корпус 2 и опорное основание 3) наклонной переталкивающей решетки и корпус осадительной камеры 4 (выполненной единым блоком с корпусами осадительных камер 32, 33 и 34). На фундаменте закрепляют трубную часть котла, состоящую из топки 5 и конвективного блока 6, монтируют узлы и агрегаты, необходимые для работы котла, подключают его к источнику водоснабжения и потребителям тепловой энергии. Сжигание топлива в слое осуществляется в топочном объеме котла.

Горизонтальный зажигательный свод 22 (набранный из шамотного кирпича) «работает», как теплоаккумулирующий объем в полости топки, что значительно повышает интенсивность возгорания влажных видов топлива, за счет отдачи топливу аккумулированного тепла и обеспечения его просушки и дополнительного прогрева.

Дымовые газы, содержащие в своем объеме частицы золы, из пространства топки 5 попадают в лучисто-конвективный узел 35 конвективного блока 6 (через окно 53 сбоку первой плавниковой трубчатой панели 15). Лучисто-конвективный газоход 14 обеспечивает (из-за интенсивного лучисто-конвективного теплообмена) охлаждение дымовых газов и уменьшение вследствие этого их объема, и, как следствие, снижение скорости движения газов. На выходе из лучисто-конвективного узла 35 за окном плавниковой трубчатой панели 38 расположена расширительная камера 36, в которой в результате резкого падения скорости дымовых газов происходит интенсивное выпадение основной массы летучей золы, которая осаждается в приемную камеру золы 37, откуда по мере накопления удаляется через поворотный затвор в золовой канал.

В процессе перемещения газов, последние отдают тепловую энергию воде, циркулирующей через теплоснимающие элементы котла.

При этом вода в теплоснимающих элементах движется следующим образом: входит через патрубок 54 входа воды в котел, далее попадает в полость задней поперечной связи 17, затем через продольные горизонтальные трубы 19 потолочного экрана 9 попадает в полость передней поперечной связи 16, откуда попадает в вертикальные трубы 20 переднего фронта 7 и, далее, через его поперечный прямолинейный коллектор 21 передается на нижние (9 и 10) продольные коллекторы котла, и проходит по боковым топочным экранам 8 топки двумя симметричными потоками, совершая подъемно-опускные движения по секциям, образованным вертикальными трубными панелями 24. Далее вода попадает в конвективный блок 6, оказываясь в его поперечно обтекаемых трубных пучках, далее горячая вода, через верхний поперечный прямолинейный коллектор 47, расположенный у заднего фронта котла, перенаправляется на тот из продольных верхних коллекторов 10 или 11, который предназначен для выхода нагретой воды из котла.

Конвективные газоходы 41-43 обеспечивают движение газов до выходного дымового короба 49, что обеспечивает при проходе газами поворотов в движении выпадение из газового потока летучей золы. Это в свою очередь уменьшает объем золы выбрасываемой в атмосферу.

Вертикальные трубы, составляющие трубные пучки конвективного блока 6, имеют одинаковую длину и не требуют индивидуальных шаблонов. Также, длина горизонтальных трубчатых поперечных связей 16 и 17 (верхних и нижних) одинакова, кроме того верхний и нижний поперечные коллекторы 55 и 56 имеют одинаковую длину. Это позволяет рационально использовать объем конвективных газоходов, а также упрощает изготовление конвективного блока 6.

Технический результат, получаемый при внедрении котлов новой конструкции, выражается в повышении эффективности работы при сжигании влажных видов топлива, за счет организации зоны просушки со специально расположенным «зажигательным» сводом из теплостойкого, теплоаккумулирующего материала, в снижении весогабаритных характеристик котла, уменьшении объема монтажных работ (отпадает необходимость обустройства фундамента) и, как следствие, затрат на строительство. Кроме того вертикальная компоновка трубных пучков конвективно-

го блока котла, в совокупности с расположенной под ним осадительной камерой, способствует снижению степени загрязнения теплообменных поверхностей нагрева отложениями сажистых (золовых) частиц, содержащихся в уходящих газах.

Предварительные теплотехнические испытания промышленных образцов водогрейных котлов данной конструкции позволяют сделать вывод о целесообразности их применения для эффективного сжигания низкосортных влажных углей с высоким влагосодержанием.

Усовершенствование технологии слоевого сжигания низкосортных видов топлива в механизированных котлах малой мощности, позволит улучшить технико-экономические показатели работы твердотопливных котлов. Поставленная цель достигается путем снижения содержания балластной влаги и удаления ее из зоны сушки исходного топлива и, как следствие, повышение теплового напряжения топочного объема и зеркала горения, за счет разработки и внедрения комплекса устройств системы сушки.

Литература

1. Теплотехнический расчет водогрейных твердотопливных котлов малой мощности. Учебное пособие/ Г.А. Захаров, Г.С. Бабенко, К.В. Цыганкова, А.Д. Бутовец – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2015 г.

2. Топливо, топки и котельные установки/ М.М. Щеголев – Москва: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953 г.

3. Котел водогрейный прямоугольного поперечного сечения. Патент на изобретение №2563874, зарегистрирован 28.08.2015 г./ Г.А. Захаров, К.В. Цыганкова, Н.С. Ткач, Н.А. Сидоренков, А.А. Еськин, Г.С. Бабенко.

4. Котел водогрейный прямоугольного поперечного сечения. Патент на изобретение №2570954, зарегистрирован 18.11.2015 г./ Г.А. Захаров, К.В. Цыганкова, Н.С. Ткач, Н.А. Сидоренков, А.А. Еськин, Г.С. Бабенко.

5. Котел водогрейный прямоугольного поперечного сечения. Патент на изобретение №2575297, зарегистрирован 20.01.2016 г./ Г.А. Захаров, К.В. Цыганкова, Н.С. Ткач, Н.А. Сидоренков, А.А. Еськин, Г.С. Бабенко.

*V. Biryuk, A. Gorshkalev, S. Dostovalova, S. Zaika (B. B. Бирюк,
А. А. Горшкалев, С. С. Достовалова, С. В. Заика)*

Samara University, Samara

NUMERICAL MODELING OF DYNAMIC PROCESSES OF A WIND TURBINE (ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕ- СКИХ ПРОЦЕССОВ ВИХРЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ)

Аннотация

Статья описывает процесс численного моделирования газоаэродинамических процессов вихревой ветроэнергетической установки (ВВЭУ). Целью расчета является выявление зависимостей между параметрами потока на различных режимах работы установки. В результате получены зависимости следующих величин от скорости потока на входе в установку при скорости ветра 0 и 10 м/с: полного давления, потерь полного давления, скорости потока на выходе из установки, расхода воздуха, импульса, а также отношения расходов рабочего тела и импульса на входе и на выходе в установку.

С каждым днем энергетические установки находят все большее применение в альтернативной энергетике. Ветровые установки совершенствуются, тем самым снижая конечную стоимость получаемой энергии. Понимание газодинамических процессов важно для проектирования энергетических установок и достижения заданных характеристик. Целью работы является численный расчет газодинамической структуры потоков вихревой ветроэнергетической установки (ВВЭУ). Алгоритм проведения вычислений состоит из следующих стадий:

- создание геометрической модели объекта исследования;
- генерация сеточной модели;
- постановка начальных и граничных условий;
- численный расчет.

Принцип действия ВВЭУ основан на генерации закрученного потока в специальных каналах. Полученный поток, подобно смерчу, обладает высоким запасом кинетической энергии. При этом в приосевой зоне генератора возникает вращение воздуха, большие угловые скорости и разрежение, вызывающие дополнительный подсос воздушных масс из окружаю-

щей среды, которые закручиваются с основным потоком и вместе с ним устремляются к выходному отверстию ВВЭУ.

Избыточное давление торможения вынуждает воздух двигаться по заданным траекториям, а также определяет величину азимутальной компоненты скорости вращения потока при заданной конфигурации закручивающего канала статора.

Генератором закрученного потока является статор ВВЭУ. Он состоит из группы каналов, расположенных симметрично по всей его окружности. Каналы воспроизводят траекторию движения потока воздуха в природном смерче и стекаются в центральную осевую зону статора.

Движение в канале рассматривается как безотрывное, ускоряющееся к выходной щели, поскольку специальный профиль каналов изменяется от сечения к сечению в горизонтальной и вертикальной плоскостях таким образом чтобы потоки воздуха поступали в центральную зону и смешивались в общий смерчеобразный поток. Траектория воздушных струй обеспечивает условия для образования квазипотенциального ламинаризованного потока и описывается системой из двух уравнений, характеризующей ее в двух плоскостях.

Расчет скоростных и геометрических характеристик статора проводится по сечениям, что позволяет корректировать геометрию статора для получения максимальной эффективности установки.

Для проведения расчета была построена трехмерная модель статорной части ВВЭУ (рис. 1). В результате численного моделирования работы ВВЭУ с помощью ANSYS CFX получены картины распределения параметров рабочего тела по тракту.

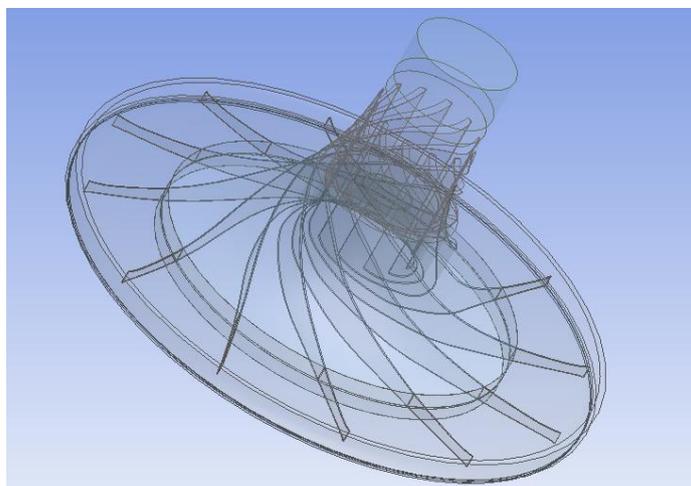


Рис. 1. Трехмерная модель экспериментального образца ВВЭУ

На рисунке 2 приведена модель ВВЭУ с конечно-элементной сеткой.

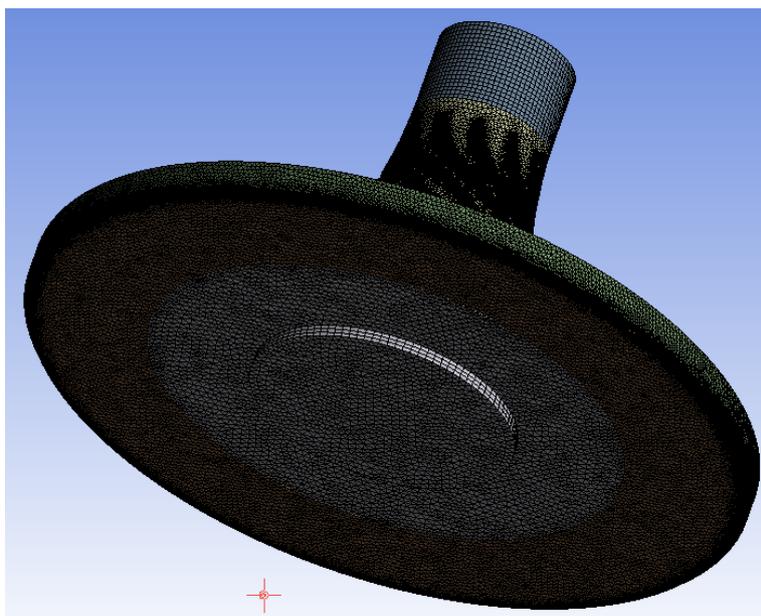


Рис. 2. Сеточная модель

На рисунке 3 графически представлены результаты компьютерных расчетов полей параметров аэродинамической структуры потоков рабочего тела исследуемой вихревой ветроэнергетической установки.

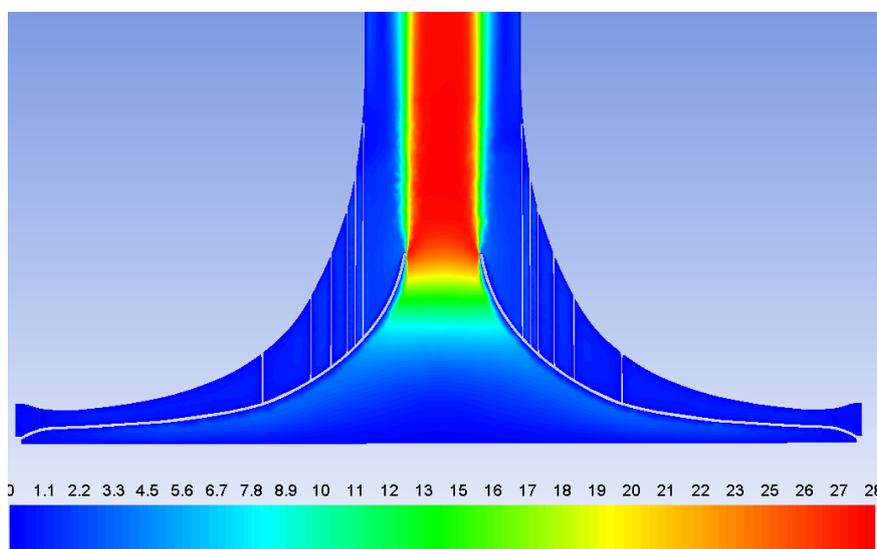


Рис. 3. Поля скоростей потоков рабочего тела при скорости потока на входе в статорную часть установки 0,2 м/с.

Проведенный компьютерный расчет потоков статора ветроэнергетической установки позволил установить, что в ней образуется два вида потоков: периферийный и приосевой потоки. Периферийный поток течет к выходному сечению, а его распределение окружной скорости близко к по-

тенциальному течению. Приосевой же поток имеет радиальное распределение окружной скорости, которое близко к закону вращения твердого тела.

В теории Вихревого эффекта периферийный поток называется свободным вихрем, а приосевой поток – вынужденным вихрем. В периферийном потоке температура торможения практически постоянна по радиусу, а в приосевом – резко снижается с уменьшением радиуса. В выходном сечении вихревой зоны наибольший градиент давления и температуры по радиусу и наиболее интенсивное круговое движение.

Литература

1 Бирюк, В.В. Методика расчета вихревых установок [Текст]/ В.В. Бирюк, Р.А. Серебряков, А.П. Толстоногов - НТО, СГАУ, Самара, 1992 г., 96 с.

2 Серебряков, Р.А. Вихревая ветроэнергетика [Текст] / Р.А. Серебряков, В.В. Бирюк, А.П. Толстоногов, В.М. Бронштейн //ПК техника: научно-технический сб. – 1999. – Серия 12 – С. 41-61.

*V. Biryuk, A. Gorshkalev, A. Shimanov (В.В. Бирюк,
А.А. Горшкалев, А.А. Шиманов)*

Samara University, Samara

NUMERICAL MODELING OF A CYCLONE GAS-SCRUBBING DEVICE (ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИКЛОННОГО АП- ПАРАТА ОЧИСТКИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ГАЗОВ)

Аннотация

В данной статье был проведён анализ современных циклонных аппаратов газоочистки. Выполнен расчет характеристик противоточного циклона в условиях применения системы наддува топливных баков РН с газовым аккумулятором давления. Была построена 3D-модель проточной части противоточного циклона. Проведено численное моделирование процесса сажеочистки в противоточном циклоне с помощью ANSYS Fluent.

В настоящее время существуют различные системы наддува топливных баков ракеты носителя (РН). К основным из них можно отнести газогенераторные, автогенераторные, с газовым аккумулятором давления [1]. При использовании газового аккумулятора давления используется

нейтральный газ – гелий. Для уменьшения массы системы используют охлаждённый газ, который впоследствии нагревается в теплообменном аппарате, что приводит к увеличению удельного объёма и повышению эффективности системы наддува топливных баков [2].

В двигательной установке ракеты-носителя (ДУ РН) с турбонасосной системой подачи компонентов топлива в камеру сгорания для получения газа наддува можно использовать сам газогенераторный газ или смешанный генераторный газ с газом наддува. Газогенераторный газ имеет температуру около 850 0С, низкую молекулярную массу и, как правило, обладает восстановительными свойствами. Высокотемпературный генераторный газ перед попаданием в баки РН необходимо предварительно охладить. В данном случае для охлаждения применяется захлаженный гелий. Из-за низкой молекулярной массы расход газа получается небольшим, однако такой газ из-за его восстановительных свойств можно использовать только для наддува бака горючего. Часто проектируют систему наддува, предусматривающую наличие двух теплообменных аппаратов, через один подается газ для наддува бака горючего, а через другой – газ с окислительными свойствами, обеспечивающий наддув бака окислителя. Недостатком такой системы является наличие углеродных частиц в газогенераторном газе, которые способны засорить фильтр и привести к выходу из строя двигателя РН [3].

Для эффективной очистки газогенераторного газа от углеродистых частиц было предложено использовать циклонный аппарат газоочистки, установив его после смесителя генераторного газа с гелием.

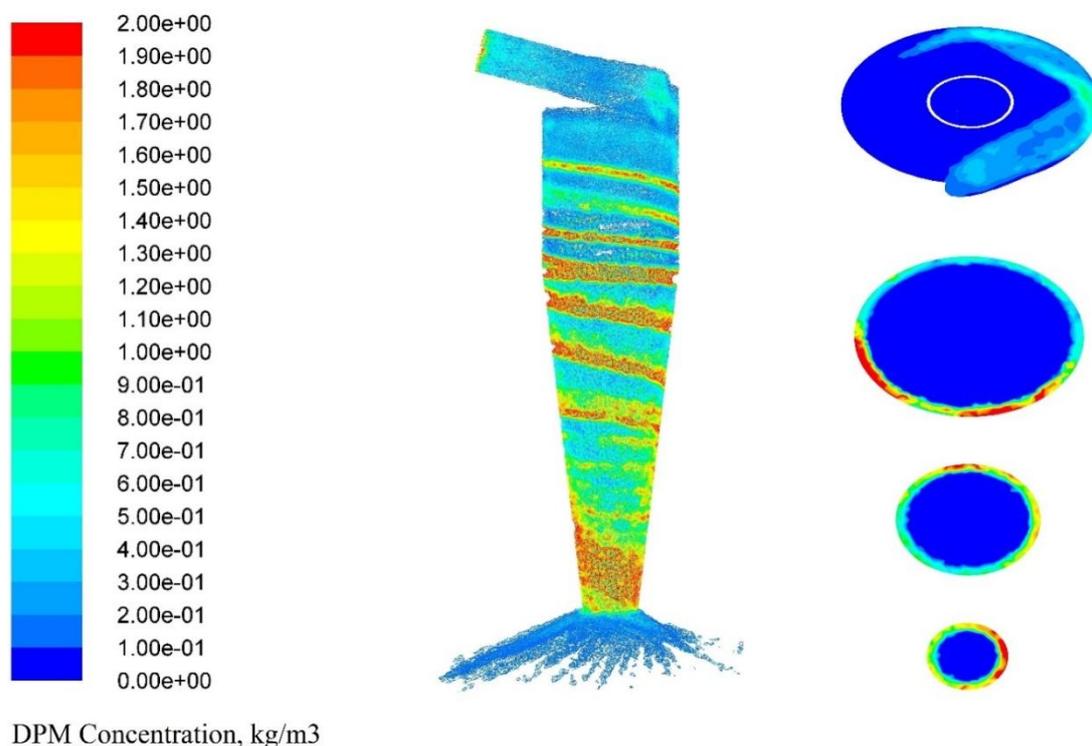
По результатам проработки конструкции, метода улавливания частиц и степени очистки газа был выбран противоточный аппарат газоочистки – противоточный циклон, который наиболее распространены в системах очистки газов. Основными его преимуществами являются надёжность, компактность, простота изготовления и обслуживания.

Скорость удаления частиц пропорциональна осаждающей силе. Из-за очень малой массы мелких частиц гравитационное осаждение оказывается слишком медленным и малоэффективным процессом для частиц размером менее 100 мкм. При использовании инерционного эффекта скорость улавливания резко повышается. Благодаря этому можно уменьшить размер оборудования и расширить диапазон эффективного улавливания

до частиц размером около 20 мкм. Для некоторых циклонов предельный размер улавливаемых частиц составляет 5...10 мкм. [4]

На основе анализа различных конструкций противоточных циклонов [6,7,8,9], были выполнены расчеты геометрических параметров противоточного циклона. Для численного моделирования процесса сажечистки была построена трёхмерная модель проточной части противоточного циклона. Для моделирования частичек сажи была использована модель Discrete Phase Model (DPM). Частицы углерода впрыскиваются перпендикулярно плоскости входа. Интенсивность впрыскивания частиц равна шагу расчёта.

Поле распределения частиц сажи в циклоне представлены на рисунке 1. На данном рисунке отчётливо виден характер движения частиц сажи, по спирали вниз к пылеуловительному бункеру. Скорость на периферии в 1,5-2 раза выше, чем в центре, что позволяет создать необходимую центробежную силу, для очистки генераторного газа от частиц сажи.



Результаты предварительного анализа полученных данных по результатам расчёта позволяют сделать вывод о высокой степени очистки подобных аппаратов, что говорит о перспективности их использования для генераторных газов в системах наддува топливных баков РН.

Литература

1. Двигательные установки ракет на жидком топливе / под ред. О.Н. Прядкина. – М.: Мир, 1966. – 404 с.
2. Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 488 с.
3. Бирюк В. В., Смородин А. В., Шепелев А. И., Оноприенко Д.А. Система наддува топливных баков ракеты-носителя с использованием тепла генераторного газа // Вестник СГАУ, 2013. №3(41). – С. 35–40.
4. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика). – СПб.: Издательство политехнического университета, 2007. – 545 с.
5. Асламова В.С. Прямоточные циклоны. Теория, расчёт, практика. – Ангарск: Ангарская государственная техническая академия, 2008. – 233 с.
6. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. – изд. 2-е перераб. и доп. – Самара: Оптима, 1997. – 348 с.
7. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. – изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Стойиздат, 1981. – 296 с.
8. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие. – Пенза: Издательство государственного университета, 2005. – 210 с.
9. Зиганшин М.Г., Колесник А.А., Посохин В.Н., Проектирование аппаратов пылеочистки. – М.: "Экопресс-3М", 1998. – 504 с.

V. Chernenkov, D. Makarov, I. Likhachev, M. Beskrovniy (В.П. Черненко, Д.А. Макаров, И.Д. Лухачев, М.И. Бескровный)

FEFU, Vladivostok

IMPROVEMENT OF THE PUMPING SUBSTATION HEAT RECOVERY SYSTEMS WITH EXCESS PRESSURE (СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ НАСОСНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ИЗБЫТОЧНОГО НАПОРА)

Аннотация

В данной работе рассмотрены технологические особенности работы насосных подстанций тепловых сетей с рекуперацией избыточного напора в трех возможных режимах: расчетном, переходном и статическом. Рассмотрен способ функционирования такой подстанции, а так же конкрет-

ные конструктивные решения, обеспечивающие автономный переход из одного режима в другой.

Система централизованного теплоснабжения является наиболее эффективной в странах с холодным климатом и в России уже стала традиционной. Затраты энергоресурсов на теплоснабжение в России довольно высоки и также влияют на себестоимость выпускаемой продукции. Доля затрат на отопление может составлять до 30%.

Централизованное теплоснабжение имеет высокий коэффициент полезного действия и применяться будет еще довольно долго. Обусловлено это применением теплофикационных схем, в которых процессы выработки электрического тока и тепловой энергии неразрывно связаны, что очень эффективно и целесообразно.

Развитие автономного теплоснабжения уже становится конкурентоспособным, поэтому вопрос об увеличении энергоэффективности централизованного теплоснабжения с каждым днём встаёт более остро. Возникает необходимость внедрения энергосберегающих технологий.

Рост городов, строительство жилых зданий в местах со сложным рельефом местности (сопки и возвышенности) увеличивают эксплуатационные затраты системы теплоснабжения. Возникает необходимость в строительстве насосных подстанций для обеспечения требуемых параметров теплоносителя у потребителей, расположенных на высоких отметках местности, что увеличивает энергетические затраты на перекачку теплоносителя и влияет на эффективность системы теплоснабжения.

В данной работе представлен известный способ увеличения энергоэффективности работы подкачивающей станции и всей системы теплоснабжения в целом при строительстве на сложном рельефе местности, а также способы обеспечения технологических параметров в различных режимах работы тепловой сети.

Существует решение, которое позволяет оптимизировать традиционный способ работы насосно-дресселирующей подстанции. На обратном трубопроводе устанавливается гидротурбина, которая соединена с насосом, установленным на подающем трубопроводе через механический редуктор с помощью вала. Тем самым, энергия избыточного давления передается с обратного трубопровода на подающий. Данное устройство действительно способно повысить энергетическую эффективность системы

теплоснабжения, но, на данный момент, отсутствуют проработанные механизмы поддержания перечисленных режимов работы тепловой сети.

Предлагается для обеспечения работы насосной подстанции в расчетном режиме подбирать комплектующие устройства рекуперации по величине дросселируемого напора и проектного значения расхода.

Обеспечение требуемых параметров насосной подстанции в переходный период (когда расход в сети изменяется) осуществляется плавным изменением передаточного числа механического редуктора. Благодаря тому, что редуктор выполнен по типу «вариатор» достигается не только плавное гидравлическое регулирование, но и минимизация шумовых характеристик устройства, что, в дальнейшем, может стать решающим условием для применения подобных устройств в других системах.

Для обеспечения автономной работы устройства предлагается осуществлять непосредственную гидравлическую связь между обратным трубопроводом и поршнем, изменяющим передаточное число механического редуктора.

При переходе в статический режим работы требуемое давление для потребителей, расположенных на верхних отметках, обеспечивается обратным клапаном, совмещенным с реле потока.

Предлагаемое решение обеспечивает необходимый уровень надежности и повышение энергетической эффективности системы теплоснабжения.

V. Chernenkov, D. Makarov, I. Likhachev, M. Beskrovniy (В.П. Черненко, Д.А. Макаров, И.Д. Лухачев, М.И. Бескровный)

FEFU, Vladivostok

SIMULATION OF THERMAL MOVEMENTS AND EFFORTS OF THE PIPES IN THE GROUND (МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И УСИЛИЙ ТЕПЛОПРОВОДОВ В ГРУНТЕ)

Аннотация

Определение температурных перемещений и усилий теплопроводов, проложенных в грунте производится при условии постоянства температуры стенки трубопровода в пределах расчетного участка и не учитывается скорость ее изменения. Поскольку действующие силы определяются

температурными деформациями, то учет времени позволит внести поправку в решение. Рассмотрим некоторые предпосылки, связанные с указанным предположением.

При переходных режимах в стенке трубопровода возникает неравномерное меняющееся во времени температурное поле [1]. Температура изменяется по толщине стенки и вдоль оси трубопровода.

Так как задача поставлена для определения усилий, возникающих в стенке трубопровода, а их толщины малы, то изменением температуры в радиальном направлении можно пренебречь и учитывать градиент температуры в осевом направлении.

Величина градиента температуры в осевом направлении будет обуславливаться скоростью изменения температуры в начальном сечении расчетного участка, теплопроводностью и скоростью движения теплоносителя.

Поскольку нарастание температуры медленное, а эксплуатационный характер работы теплопроводов исключает динамические эффекты, то будем рассматривать стационарную задачу, т.е. время будем учитывать только в распространении тепла, а в упругости квазистатическую задачу.

Уравнения квазистатического случая в теории термоупругости в векторной форме имеют вид [2]

$$\mu \Delta \bar{U} + (\lambda + \mu) \text{grad div } \bar{U} = r \text{grad} T + \bar{P} \quad (1)$$

Где \bar{U} – вектор перемещений, $\text{grad div } \bar{U}$ – операция векторного анализа, \bar{P} – внешняя нагрузка.

В цилиндрической системе координат вдоль оси Z уравнение (1) примет вид

$$(\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 U_z}{\partial z^2} = r \frac{\partial T}{\partial Z} + P \quad (2)$$

Решение для распределения поля температур вдоль оси Z приводит к виду:

$$T = \int_0^z [\psi(t - \tau)(\tau, Z) + \varphi(t - \tau)V(\tau, z)] \partial T \quad (3)$$

Основой для решения задачи является описание внешней действующей силы P в уравнении (1).

Из физического рассмотрения задачи имеем, что действующая сила возникает в результате деформации связей, вызываемых температурным перемещением теплопровода, поэтому сила P является функцией перемещений и деформаций

$$P = P(U, U') \quad (4)$$

Если рассмотреть реологическое уравнение состояния, которое выражается законом Гука [3] и связывает действующую силу и деформации и принимая гипотезы аддитивности и линейности, можно суммировать силу P и записать в виде.

$$P = \alpha_0 U' + \beta_0 U \quad (5)$$

где α_0, β_0 – коэффициенты, определяемые экспериментальным путем. Подставив выражение (5) в (2), получим

$$(\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 U}{\partial Z^2} = \gamma \frac{\partial T}{\partial Z} + \alpha_0 \frac{\partial U}{\partial Z} + \beta_0 U \quad (6)$$

Приведем уравнение (6) к удобной форме, поделив на коэффициенты левой части. Получим неоднородное обыкновенное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами

$$U' - 2dU' - \beta^2 U = f(z, t) \quad (7)$$

здесь

$$2\alpha = \frac{\alpha_0}{\lambda + 2\mu}; \quad \beta^2 = \frac{\beta_0}{\lambda + 2\mu};$$

$$f(z, t) = \frac{r}{\lambda + 2\mu} \frac{\partial T}{\partial Z}. \quad (8)$$

Так как в уравнении (7) функция $f(Z, t)$ зависит от времени, то при определении перемещений и на их основе усилий необходимо задавать начальные условия, т.е. своего рода базу отсчета, на каждый момент времени, а полученные значения усилий суммировать, поскольку время здесь выступает как параметр. Таким образом, имеется возможность имитировать процессы нагрева и охлаждения теплопроводов в различных температурных и временных условиях, т.е. получать циклограммы перемещений и усилий. Различные температурные условия в данном случае могут сопровождаться изменением величины коэффициентов, что важно, например, для расчета теплопроводов с термопластичной изоляцией.

Литература

1. Костовецкий Д.Л. Прочность трубопроводных систем энергетических установок.- Л.: Энергия, 1973.-264 с.
2. Новацкий В. Динамические задачи термоупругости.-М.: Мир, 1970.- 256 с.

3. Беяев Н.М. Сопротивление материалов.- М.: Наука, 1976.- 607 с.

E. Dorogov, K. Shtym (E.Ю. Дорогов, К.А. Штым)

FEFU, Vladivostok

**RESEARCH OF THE TEMPERATURE LEVEL
IN THE COMBUSTION CHAMBER WITH CYCLONE-SWIRL
BURNER FOR ITS DIFFERENT LAYOUT (ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМ-
ПЕРАТУРНОГО УРОВНЯ В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛОВ
С ЦИКЛОННО-ВИХРЕВЫМИ ПРЕДТОПКАМИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ
ИХ КОМПОНОВКЕ)**

Аннотация

Представлен объект исследования, на котором выявлены основные изменения температурного уровня в топочной камере котлов при изменении организации процесса сжигания жидкого топлива. Приведено краткое описание методики исследования и обработки опытных данных. Представлены результаты исследования температуры в топках котлов ЭЧМ-25/35 при одиночной и встречной компоновке циклонно-вихревых предтопок. Описан процесс изменения температурного уровня с особенностями аэродинамики циклонно-вихревого факела в топке котла.

Введение

Построение метода расчета местного теплообмена в топках котлов вызывает трудности по причине отсутствия экспериментальных данных по выгоранию топлив в факеле пламени, изменению степени черноты пламени, распределению температур и концентрации излучающих агентов по объему топки и пр. Изменение температуры топочных газов по ходу факела зависит от таких факторов, как тепловыделение, теплообмен с окружающими поверхностями и другими объектами топочных газов, массообмен и др.

Система уравнений, которые описывает процесс в топочной камере и в последствии полученная в результате анализа А.М. Гурвичем [1] критериальная зависимость, определяющая безразмерную температуру на выходе из топочной камеры как функцию суммарного тепловосприятия и теплопоглощения во всем топочном объеме не позволяет ее применить к расчету местного теплообмена, зависящего от локальных значений температур и других характеристик теплообмена.

Схемы лючков и точек замеров на топках котлов ЭЧМ-25/35 МЦ.

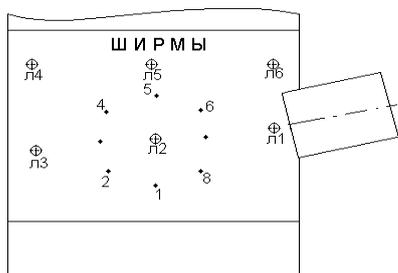


Рис. 1.

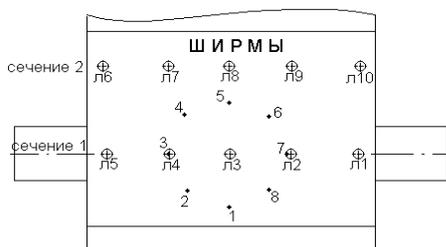


Рис. 2.

При построении метода расчета местных тепловых нагрузок, возможно два пути, один из которых и наиболее перспективный метод расчета температуры факела и его излучения по высоте топочной камеры [2]. Этот метод расчета температуры факела и его излучения по высоте топочной камеры и сегодня для корректировки расчетных коэффициентов требует большое количество уточненного опытного материала.

Объект исследования

Практика модернизации паровых и водогрейных котельных установок при переводе их на циклонный способ сжигания

жидкого или газообразного топлива показала, что есть особенности теплообмена в топках котлов при установке одного или нескольких циклонных предтопок.

В данной статье в качестве объекта исследований внутритопочного теплообмена представлены водогрейные котлы ЭЧМ-25/35МЦ филиала Приморская генерация ОАО ДГК на которых есть возможность зондирования топочного объема при применении нескольких компоновок циклонных предтопок на топочной камере.

Реконструированы три котла ЭЧМ-25/35МЦ [3], один из которых с двумя циклонно-вихревыми предтопками мощностью 32 МВт каждый, расположенных горизонтально на боковых стенах топки ($h_T / H_T = 0,503$) и два с расположенными на фронте котла одним циклонного предтопка мощностью 64 МВт, наклонно к поду топки под углом 10° .

Выбор угла наклона произведен на основании изотермического моделирования развития факела [4].

Топки котлов ЭЧМ-25/35МЦ оснащены лючками для проведения внутритопочных исследований. Схемы расположения лючков на котлах ст.№ 6 и № 7 представлены на рис.1 и рис.2.

Измерение температуры газов

Измерение температуры газов в топках котлов производился с помощью отсосного пирометра [5], представляющего собой экранированную платино – платинородиевую термопару с отсосом газа через экранирующий колпачок. Для экранирования использовались металлические колпачки из стали 1Х18Н10Т, состоящие из двух concentричных трубок, а также колпачки их керамических трубок с двойным и тройным экранированием. Отсос газов осуществлялся при помощи парового эжектора со скоростью 80 ... 100 м/с, при этом погрешность измерения локальной температуры практически уже не зависела от скорости, а определялась абсолютным уровнем измеряемой температуры.

Температура газов измерялась пирометром с прямым жезлом, длиной 3,5 м, на котле ЭЧМ25/35 №6 через лючки, расположенные на левом боковом экране (от фронта котла), на котле ЭЧМ25/35 №7 через лючки, расположенные на фронте. Расположение лючков показано на рис. 1. и рис. 2.

Обработка опытных данных по суммарному и локальному теплообмену

Температура газов в выходном сечении топки (ϑ''_T) и температур факела (Тф), определение поля скоростей газов в выходном окне осуществлялась с помощью трехканального охлаждаемого зонда [6].

Полученные данные использовались для расчета скорости газов для конкретной нагрузки котла и коэффициента избытка воздуха на выходе из топки. Удельная теплоемкость газов принималась постоянной, для данного состава газов при температурах 1000-1400 К. Поля температур и скорости газов в выходном окне топки оказались качественно одинаковыми. Для определения случайной ошибки в течение отрезка времени, сопоставимого со средней длительностью опытов, было выполнено 10 повторных измерений температуры в одной произвольной точке выходного окна. Случайная ошибка единичного наблюдения при доверительной вероятности 0,95 составила 16,0 К. Случайная относительная ошибка определения среднеэнтальпийной температуры на выходе из топки составила 2,7 %.

Падающий на экран ($q_{\text{пад.}}$) интегральный полусферический поток определялся по тарировочным характеристикам датчиков термозондов.

По найденным локальным значениям параметров производилось построение изотерм, изорад, падающих тепловых потоков в абсолютном и относительном виде, а также линий равных значений коэффициентов тепловой эффективности экранов.

По графикам изменение параметра на нескольких уровнях по высоте экрана, определялось среднее значение на каждом уровне путем графического интегрирования

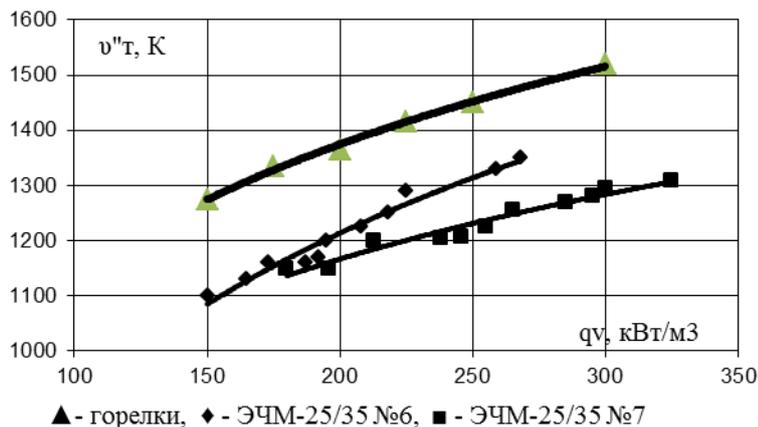


Рис. 3. Сопоставление температуры на выходе из топки на котле ЭЧМ-25/35 №6 и №7

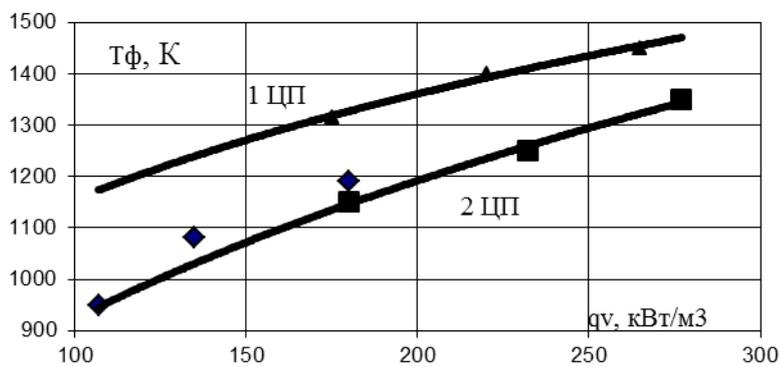


Рис. 4. Зависимость среднеинтегральной температура факела от объемной плотности тепловыделения в топке котлов ЭЧМ-25/35 ст. №6 и №7

Результаты исследования

На рисунке 3, представлено сопоставление измеренной температуры газов на выходе из топки для котлов ЭЧМ-25/35МЦ при различной компоновке горелочных устройств. В случае установки циклонно-вихревых предтопок опытная температура газов на выходе из топки существенно ниже температуры газов при применении горелочных устройств при сопоставимых условиях[7]. На котле ЭЧМ-25/35 ст. №6 с одним ЦВП, при изменении нагрузки от 25 до 45

МВт, разница температур составляет 127-200 град. На котле ЭЧМ-25/35 ст. №7 с двумя ЦВП в диапазоне нагрузок 29-52 МВт эта разница составляет 180-224 град (рис. 3). В результате проведенных исследований выявлено существенное снижение температуры газов на выходе из топки при переводе котлов на циклонно-вихревое сжигание мазута, а также влияние компоновки ЦВП на суммарный теплообмен в топочной камере. Увеличение общей теплоотдачи в топочной камере котлов с циклонными предтопками происходит при более низком температурном уровне в топке котла, чем при горелочном способе. Можно полагать, что причиной повышения тепловой эффективности топки является изменения эмиссионных свойств

факела на котлах с циклонно-вихревыми пред-топками и особенностями аэродинамики факела.

На рис. 4 представлена зависимость средне-интегральной температуры факелов на котлах ЭЧМ-25/35 ст. №6 и №7. С ростом нагрузки среднеинтегральная температура факелов возрастает и при равных значениях q_v меняется от ~ 900 до 1325 К для котла №7 и от ~ 1175 до 1450 К для котла №6. Разница среднеинтегральной температур факела (при равных q_v) при различной компоновке и мощности предтопок меняется от 200 до 125 К, т.е. при встречной компоновке предтопок средняя температура факела ниже \sim на 10% чем при работе одного предтопка (при равных значениях $\alpha_{\text{Т}}$) рис. 4. Данное различие можно объяснить более интенсивным массообменом в топке при встречном взаимодействии факелов.

Литература

1. Гурвич А.М. Теплообмен в топках паровых котлов. М.-Л., Госэнергоиздат, 1950, 176 с.
2. Митор В.В. Теплообмен в топках паровых котлов. М., Машгиз, 1963, 180 с.
3. Повышение эффективности работы теплоэнергетического оборудования Дальэнерго./ Научн. рук. Штым А. Н. - Отчет по НИР ДВПИ, № Гос. Рег. 79008933, Владивосток, 1982, 170 с.
4. Повышение эффективности работы теплоэнергетического оборудования Дальэнерго./ Научн. рук. Штым А.Н. - отчет по НИР ДВПИ, № Гос. Рег. 79003553, Владивосток, 1980, 125 с.
5. Гордов А.Н. Измерение температуры газовых потоков. Л.: Машгиз, 1962,- 136 с.
6. Трембовля В.И., Фингер Е.Д., Авдеева А.А. Теплотехнические испытания котельных установок. - М.: Энергия, 1977, - с.296.
7. Дорогов Е.Ю. Исследование теплообмена топках котлов с циклонными предтопками ДВГТУ: дисс. ...канд.техн.наук.- Владивосток, 2000.- 210с.

S. Fetsov (С. С. Фецов)

FEFU, Vladivostok

**STEADY-STATE GAS FLOW THROUGH POROUS OBJECT
WITH PERIODIC DISTRIBUTION OF HEAT-RELEASE SOURCES
(О СТАЦИОНАРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА В ПОРИСТОМ ОБЪ-
ЕКТЕ С ПЕРИОДИЧЕСКИ РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ТЕПЛОВЫДЕ-
ЛЕНИЕМ)**

Аннотация

В работе рассматривается стационарная фильтрация газа через пористый объект с периодически распределенной интенсивностью энерговыделения. Исследуются режимы течения газа через такие объекты при заданном перепаде давления на границах, то есть когда в пористом объекте происходит саморегуляция расхода проходящего через него газа. Показано, что при неизменном суммарном энерговыделении в пористом объекте периодическое распределение очагов тепла может существенным образом влиять на максимальный нагрев и иные параметры. В частности, максимальная температура при периодическом тепловыделении с малыми частотами может оказаться существенно выше, чем при равномерном тепловыделении с таким же суммарным энерговыделением.

Введение

Многие природные и техногенные катастрофы приводят к возникновению очагов энерговыделения, такие источники тепла часто появляются в пористых средах. К пористым средам с точки зрения механики можно отнести грунты и горные породы, завалы разрушенных зданий и так далее. Пример аварийного энергоблока Чернобыльской АЭС показал, что единственно приемлемым средством противодействия катастрофе может оказаться охлаждение подобных объектов проходящим через них газом (воздухом) [1]. В работах [2-7] рассмотрены стационарные и нестационарные процессы в пористых саморазогревающихся объектах при неизвестном расходе проходящего через них газа и известном давлении на границах объекта, то есть при саморегуляции расхода газа, проходящего через пористый объект. В работах [8-9] рассмотрено гетерогенное горение пористых сред при саморегуляции расхода газа. Энерговыделение в пористых объектах может иметь вид, близкий к периодическому. Поэтому настоя-

шая работа посвящена исследованию стационарных режимов течения газа через пористые объекты с периодическим распределением источников энерговыделения. Кроме непосредственного применения к задачам ликвидации катастроф на АЭС, выводы проведенного исследования могут дать представление о температурных режимах при расчете процессов в пористых объектах, используемых для преобразования или распределения энергии.

Постановка задачи и метод решения

В докладе рассмотрено движение воздуха через пористый объект высотой H , который с боков закрыт нетеплопроводными, непроницаемыми стенками, а снизу и сверху пронизуем. Снизу в объект поступает воздух с известной температурой, сверху объект открыт в атмосферу. В объекте происходит выделение энергии, интенсивность источников которой распределена периодически. Ограничимся рассмотрением установившихся процессов. Математическая модель строится на базе представлений о взаимодействующих взаимопроникающих континуумах и включает в себя уравнения энергии для твердой фазы и для газа, уравнение неразрывности, закон Дарси и уравнение состояния совершенного газа, которые в безразмерном виде можно записать следующим образом:

$$\frac{1}{Nu} (1 - a) \frac{d^2 \tilde{T}_c}{d\tilde{x}^2} + (\tilde{T}_g - \tilde{T}_c) + \Pi_3 (1 + \sin(d + b\tilde{x})) = 0, \quad \tilde{\rho}_g \tilde{v}_g \frac{d\tilde{T}_g}{d\tilde{x}} = -St(\tilde{T}_g - \tilde{T}_c), \quad (1)$$

$$\frac{d(\tilde{\rho}_g \tilde{v}_g)}{d\tilde{x}} = 0, \quad Eu \frac{d\tilde{P}_g}{d\tilde{x}} = -\frac{\tilde{\rho}_g}{Fr} - \frac{\tilde{v}_g}{\Pi_2 Re}, \quad Eu \tilde{P}_g = \Pi_1 \tilde{\rho}_g \tilde{T}_g.$$

Здесь индекс g соответствует газу, индекс c – твердой фазе. Тогда \tilde{v} , \tilde{P} , $\tilde{\rho}$, \tilde{T} – соответственно безразмерные скорость, давление, плотность и температура. Так как плотность и скорость твердой фазы постоянны, уравнения импульса и масс для нее вырождаются, поэтому для \tilde{v}_g , \tilde{P}_g и $\tilde{\rho}_g$ индекс g будет опущен, а вместо \tilde{v} будет использована скорость фильтрации $\tilde{u} = a\tilde{v}$, где a – пористость.

Так как на открытых границах объекта известны перепад давлений и условия теплообмена, то граничные условия для системы (1) можно записать следующим образом:

$$\tilde{x} \in (0; 1), \quad \tilde{P}(1) = 1, \quad \tilde{T}_g(0) = 1, \quad \frac{d\tilde{T}_c}{d\tilde{x}}(0) = 0, \quad \frac{d\tilde{T}_c}{d\tilde{x}}(1) = 0. \quad (2)$$

Здесь были использованы безразмерные переменные: $\tilde{x} = x/H$, $\tilde{T}_g = T_g/T_{g0}$, $\tilde{T}_c = T_c/T_{g0}$, где $\rho_0 = \frac{P_0}{R T_{g0}} = 1,77 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, знак тильды в дальнейшем будет опущен. Безразмерные параметры $\Pi_1 = \frac{T_{g0} R}{U^2} = 1,15 \cdot 10^4$, $\Pi_2 = \frac{k}{H^2} = 10^{-10}$,

$\Pi_3 = \frac{Q_0}{T_{g0}\alpha} = 0,33$, $Fr = \frac{u^2}{gH} = 0,077$, $Re = \frac{\rho_0 u H}{\mu} = 2,6 \cdot 10^6$, $Nu = \frac{H^2 \alpha}{\lambda} = 6,67 \cdot 10^4$, $St = \frac{\alpha H}{\rho_0 c_p u} = 2,07$,
 $a = 0,3$ соответствуют следующим размерным параметрам: газовой постоянной $R = 286,69 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}^2}$ динамической вязкости $\mu = 18,5 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$, проницаемости $k = 10^{-8} \text{ м}^2$, удельной теплоемкости при постоянном давлении $c_p = 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}^2}$, коэффициенту объемного теплообмена, теплопроводности $\lambda = 1,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}^2}$ объемному энерговыделению.

Система (1) с краевыми условиями (2) решается численно-аналитически: методом вариации постоянных из системы (1) находятся распределения температур воздуха и твердой фазы, а уравнение движения (закон Дарси) разрешается относительно давления с использованием методов Рунге-Кутты 4-го порядка и дихотомии. Остальные искомые величины определяются тривиально.

Результаты и обсуждение

В результате решения получены распределения значений искомых величин по высоте пористого объекта. Ниже представлены графики температуры твердой фазы при равномерном и периодическом энерговыделении с нулевым сдвигом и различной частотой $b = n\pi$. На рис. 1а можно наблюдать следующее: при периодическом распределении теплоты с $n = 2m$, где m – натуральное число, максимальное значение температуры заметно больше, чем при равномерном тепловыделении, хотя суммарное энерговыделение остается одинаковым: $\int_0^1 \Pi_3 dx = \int_0^1 \Pi_3 (1 + \sin(2mx)) dx = \Pi_3$. На рис. 1б изображены графики для $n = 2m + 1$. Как при четном, так и при нечетном n его рост приводит к сходимости температуры и иных параметров к значениям, соответствующим равномерному энерговыделению.

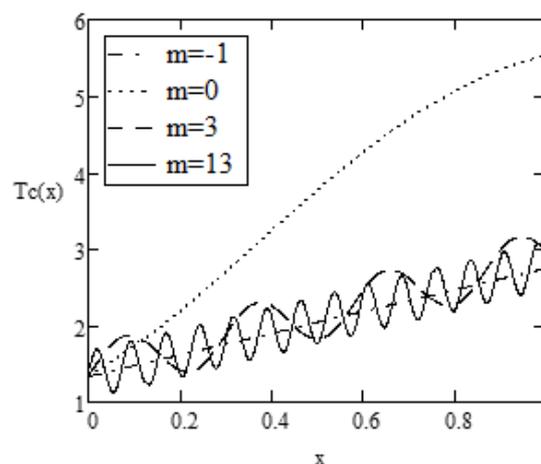
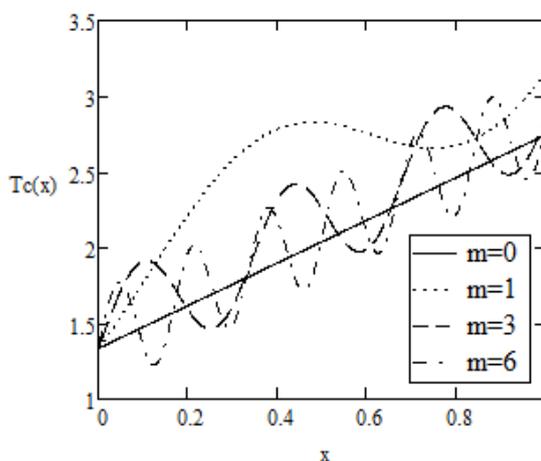


Рис. 1а Температура твердого пористого скелета при тепловыделении вида

Рис. 1б Температура твердого пористого скелета при тепловыделении вида

$$Q = P_3(1 + \sin(2\pi x)).$$

$$Q = P_3(1 + \sin((2m + 1)\pi x)).$$

Графики зависимостей максимальной температуры твердой фазы $T_{\text{сmax}}$ и расхода газа q от частоты b при целых n и различных сдвигах d приведены на рис. 2. Аналогичная сходимость характерна для всех параметров задачи.

Сдвиг d влияет на сторону, с которой решение сходится к исходному, а также незначительно на скорость этой сходимости. То есть, при сдвиге $d = \pi$ температура твердой фазы при малых частотах становится уже значительно меньше, чем при равномерном распределении, а не больше, как при $d = 0$. Расход газа же наоборот увеличивается. Ввиду свойств синуса при выбранных d результаты при отрицательных n симметричны таковым при положительных, поэтому имело место рассмотрение только последних.

Из представленных рисунков можно сделать вывод, что не только суммарное тепловыделение влияет на температурный режим движения газа в пористом объекте, но и вид его распределения. Можно также заметить, что больший нагрев наблюдается при $d = 0$ и малых b , то есть когда интенсивность энерговыделения сильнее возле нижней границы (входа) пористого объекта. Этот результат соответствует выводам работы [3], в которой рассматривались нестационарные двумерные режимы охлаждения пористых тепловыделяющих объектов.

Работа выполнена при поддержке ДВО РАН (проект 15-I-4-021).

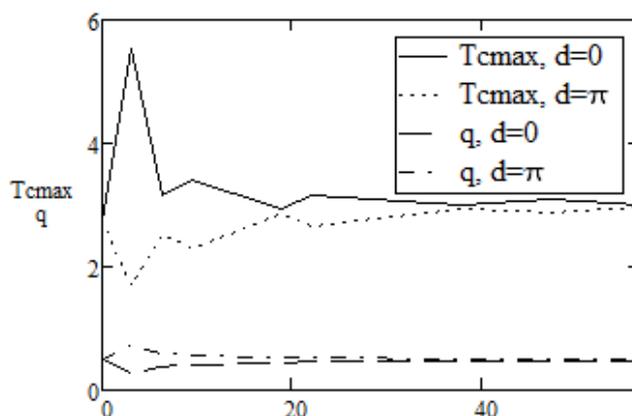


Рис. 2. Зависимости максимальной температуры твердой фазы и расхода газа от частоты b при целых n и двух различных сдвигах d .

Литература

- 1) Маслов В.П., Мясников В.П., Данилов В.Г. Математическое моделирование аварийного блока Чернобыльской АЭС. М.: Наука, 1987. 144 с.
- 2) Levin V.A., Lutsenko N.A. Gas Flow through a Porous Heat-Releasing Medium with Allowance for the Temperature Dependence of Gas Viscosity // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2006. Vol. 79, No. 1. pp. 33-39.
- 3) Levin V.A., Lutsenko N.A. Gas Motion through Porous Objects with Nonuniform Local Distribution of Heat-Release Sources // Thermophysics and Aeromechanics. 2008. Vol. 15, No. 3. pp. 381-391.
- 4) Levin V.A., Lutsenko N.A. Time-Dependent Gas Flows through Axisymmetrical Porous Heat-Evolutional Bodies // Mathematical Models and Computer Simulations. 2010. Vol. 2. No. 5. pp. 635-647.
- 5) Lutsenko N.A. Numerical modeling of unsteady gas flow through porous heat-evolutional objects with partial closure of the object's outlet // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2014. Vol. 72. pp. 602-608.
- 6) Lutsenko N.A., Tarasov G.V., Gyrnik K.A. An OpenMP Version of the Parallel Algorithm for Calculation of Unsteady Gas Flow through Porous Objects with Energy Sources: Analysis and Application // Numerical Analysis and Applications. 2014. Vol. 7. No. 3. pp. 191-203.
- 7) Levin V.A., Lutsenko N.A. The Ambiguous Effect of Thermal Conductivity in a Gas Flow through Porous Media with Energy-Release Sources // Doklady Physics. 2015, Vol. 60. No. 6, pp. 255–258.
- 8) Lutsenko N.A. Modeling of Heterogeneous Combustion in Porous Media under Free Convection // Proceedings of the Combustion Institute. 2013. Vol. 34. No. 2. pp. 2289-2294.
- 9) Lutsenko N.A., Levin V.A. Effect of Gravity Field and Pressure Difference on Heterogeneous Combustion in Porous Media // Combustion Science and Technology. 2014. Vol. 186. Issue 10-11. pp. 1410–1421.

*Yu. Goncharenko, T. Solovyova, K. Shtym (Ю.Б. Гончаренко,
Т.А. Соловьева, К.А. Штым)*

FEFU, Vladivostok

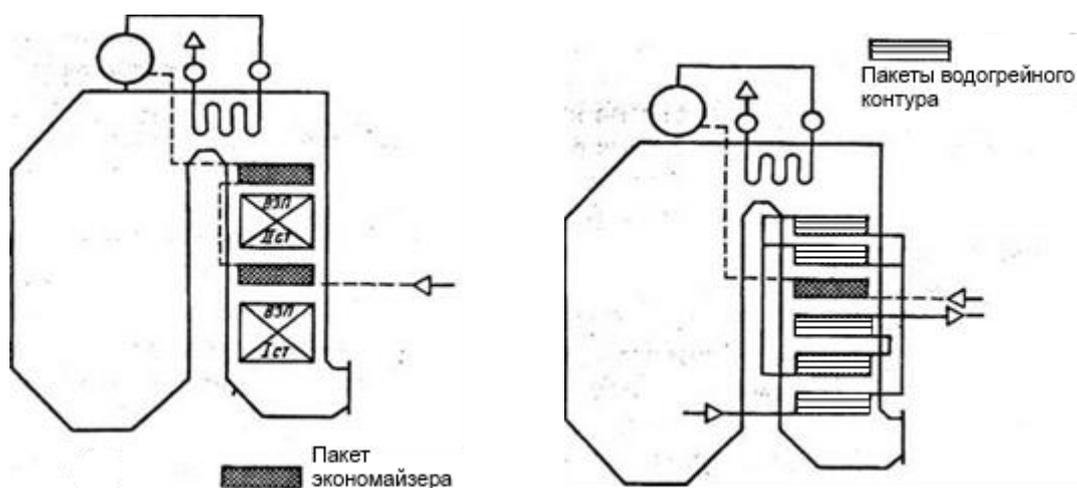
THE RESEARCH WORK OF SWIRLING FLOWS AERODYNAMIC PROCESSES BASED ON INVESTIGATIONS OF CYCLON-SWIRL FURNACE OF BOILER BKZ-75-16 VLADIVOSTOK POWER STATION (ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ НА ПРИМЕРЕ ЦИКЛОННО-ВИХРЕВОГО ПРЕДТОПКА КОТЛА БКЗ-75-16 ВЛАДИВОСТОКСКОЙ ТЭЦ-1)

Аннотация

Выполнено описание реконструкции котла БКЗ-75 при переводе на сжигание мазута. Выявлены основные достоинства перевода на сжигание топлива в ЦВП. Приведена схема конструкции циклонно-вихревых предтопок (ЦВП) на сжигание газа и мазута, расположенных на котле БКЗ-75-39 и их принцип работы. Описаны основные конструктивные решения для проведения исследования аэродинамики в ЦВП. Приведены данные по проводимым исследованиям аэродинамики закрученного потока в камерах ЦВП.

Коллективом сотрудников кафедры "Теплоэнергетики и теплотехники" ДВФУ (ранее ДВПИ) в 1982 г. был разработан проект модернизации котла БКЗ-75-39ФБ (далее БКЗ-75), предусматривающий увеличение его мощности до 100 МВт и установку двух воздухоохлаждаемых циклонных предтопок для сжигания мазута [1]. При оптимизации тепловой схемы котла (рис. 1) использовалась идея комбинированной выработки пара и горячей воды на одном теплоисточнике, наиболее просто решаемая для теплоцентрали.

Сжигание мазута обеспечивали два предтопка единичной мощностью 55 МВт, расположенные встречно на боковых экранах топки. В конвективной части котла на месте демонтируемого ВЗП разместили водогрейный контур номинальной теплопроизводительностью 17,2 Гкал/ч с расходом сетевой воды 300 т/ч при температурном графике работы 70-127°C. Конвективные пучки были установлены в рассечку с первой ступенью экономайзера питательной воды и включены в параллель с существующей бойлерной группой на ВТЭЦ-1. Номинальная паропроизводительность парового контура – 100 т/ч. Опыт эксплуатации в течении 20 лет подтвердил, что использование циклонных предтопок ДВПИ повысило надежность, экономичность и экологичность работы котлов БКЗ-75 Владивостокской ТЭЦ-1.



а) до реконструкции

б) после реконструкции

Рис.1 Тепловая схема котла БКЗ-75-39 до и после реконструкции

В период с 2010 по 2011 год производилась газификация теплоисточника Владивостокская ТЭЦ-1, газификация котлов БКЗ-75 заключалась в реконструкции мазутных ЦВП для возможности комбинированного сжигание газа и мазута. Кафедра "Теплоэнергетики и теплотехники" ДВФУ имеет опыт в реконструкции ТЭЦ на сжигание газа [2]. На основе опыта и исследований кафедры разработана и внедрена конструкция высокоэффективного газо-мазутного предтопка [3]. Газо-мазутный предтопок оснащен мазутной форсункой для сжигания резервного топлива. Подвод и распыл жидкого топлива осуществляется через многосопловую центробежную форсунку, установленную на торцевой части по оси камеры сгорания. Подвод газа выполнен к двум распределительным коллекторам с индивидуальным регулированием расхода газа на каждый (рис. 2).

От тангенциального коллектора осуществляется три линии для распределения газа тангенциально через воздушные сопла. Через комбинированный осевой (торцевой) коллектор газ равномерно подводится по оси и дополнительно распределяется в торцевую часть предтопка через сопла. Регулирование расхода воздуха на горение производится как направляющим аппаратом вентилятора, так и перед каждым предтопком индивидуально.

Проведенные после реконструкции тепловые испытания подтвердили эффективность применения такой схемы сжигания. КПД котлов БКЗ-75 составил 91-92 % при имеющихся проблемах с присосами в конвективной части (требуется восстановительный ремонт газоходов для снижения присосов в конвективную шахту). Результаты экологических измерений при

работе котлов на газе показали, что концентрация оксидов азота во всем диапазоне нагрузок не превышает 120 мг/м^3 .

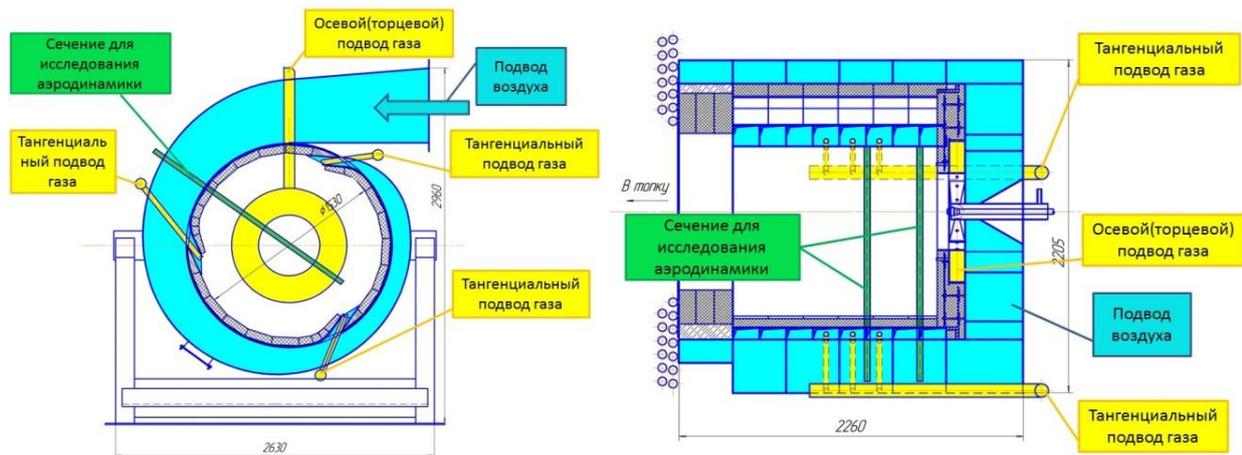


Рис. 2. Распределение газа и воздуха в газо-мазутном предтопке котла БКЗ-75

Для совершенствования технологии циклонно-вихревого сжигания топлива в ЦВП требуется детальное понимание процессов происходящих в областях смешения топлива и воздуха внутри камеры сгорания. Эти данные позволят усовершенствовать технологию за счет изменения областей смесеобразования и повлиять, в конечном счете, на экономичность и экологичность работы ЦВП. Для этих целей в 2015 году в межтопительный период на котле БКЗ-75 ст.№2 Владивостокской ТЭЦ-1 были выполнены подготовительные работы, позволяющие использовать водоохлаждаемый аэродинамический зонд внутри камеры сгорания ЦВП. Области подлежащие детальному изучению изображены на рис.2. Водоохлаждаемый зонд позволяет пневмометрическим методом измерить вектора скорости вихревого потока, направление вихревого потока, статическое и динамическое давление потока, температуру внутри потока и производить анализ продуктов сгорания в соответствующе точке измерения. С 2016 года проводятся работы по детальному исследованию закрученных потоков внутри камер сгорания ЦВП.

Первым этапом проводились работы по измерению аэродинамики внутри камер сгорания ЦВП без сжигания топлива, так называемые "холодные продувки". В результате получены зависимости осевых (рис.3а) и тангенциальных (рис. 3б) скоростей по радиусу камеры сгорания в двух сечениях смещенных относительно друг друга по оси (рис.2).

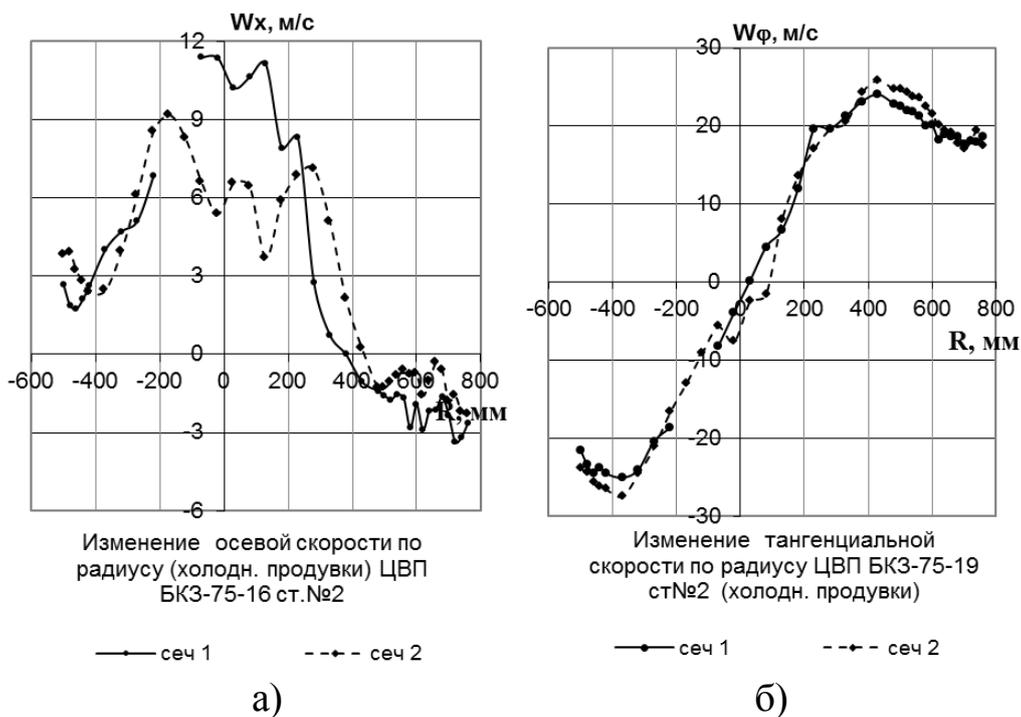


Рис. 2. Распределение газа и воздуха в газо-мазутном предтопке котла БКЗ-75

Наличие трех подводящих воздух сопел по периферии циклонной камеры позволяет получить стабильный закрученный поток воздуха, о чем свидетельствует симметричность тангенциальных скоростей относительно центра вращения (рис. 3б). При рассмотрении зависимости осевых скоростей (рис. 3а) хорошо заметна область основного направления движения потока в центре циклонной камеры, поток движется на выход из циклонной камеры. Не наблюдается эффектов связанных с подсосыванием среды из топочного объема в область разрежения, образующуюся в центре закрученного потока. Так же на эпюрах осевых скоростей не наблюдается полная симметричность потока относительно центра вращения. Интерес представляет область в координатах от +400 до +800 мм по радиусу. В этой области наблюдается отрицательная осевая скорость, что свидетельствует о движении потока в пристенной области к торцевой камере, то есть во внутрь циклона. Подвод воздуха по оси циклонной камеры создает в области торцевой камеры зону эжекции, куда и подсосывается поток из пристенной области.

Помимо скоростей при проведении "холодных продувок" получены данные по распределению напоров (полного, динамического и статического) в зависимости от радиуса.

Литература

1. ШТЫМ А.Н. КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ С ЦИКЛОННЫМИ ПРЕДТОПКАМИ: монография / А.Н. Штым, К.А. Штым, Е.Ю. Дорогов; Дальневост. федерал. ун-т. – Владивосток : Издат. дом Дальневост. федерал. ун-та., – 2012. – 421 с.

2. ШТЫМ К. А., Соловьёва Т. А. ПЕРЕВОД ХАБАРОВСКОЙ ТЭЦ-2 НА СЖИГАНИЕ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА / Вологодские чтения. – 2004. – №. 39.

3. ШТЫМ К. А., Головатый С.В., Лесных А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ В ТОПКЕ КОТЛА С ЦИКЛОННО- ВИХРЕВЫМИ ПРЕДТОПКАМИ / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №. S4-21.

L. Kagan 1,2, G. Sivashinsky 1

¹**School of Mathematical Sciences, Sackler Faculty of Exact Sciences,
Tel Aviv University, Tel Aviv**

²**Far Eastern Federal University**

**TRANSITION TO DETONATION
OF AN EXPANDING SPHERICAL FLAME**

Анотация

На основе теории о существовании верхнего предела скорости волны дефлаграции показана возможность перехода медленного горения в детонацию в открытом пространстве. В центрально-симметричной геометрии пред-детонационное ускорение пламени происходит за счёт изменения его кривизны, если число Льюиса смеси не слишком мало. Если дополнительно сама смесь предварительно сжата и/или подогрета, то скорость пламени может перейти дозволённый предел. Дополнительный учёт фрактализации поверхности пламени позволяет сделать вывод что переход горения в детонацию будет происходить всегда. Однако при нормальных условиях радиус пламени в точке перехода может быть весьма большим. Этим, видимо, и объясняется сложность экспериментального подтверждения перехода.

ABSTRACT Whereas deflagration-to-detonation transition in confined systems is a matter of common knowledge, feasibility of the transition in unconfined systems is more problematic. There are reports claiming that in highly sensitive oxygen based systems the transition may be triggered by outwardly propagating ‘freespace’ flames [1,2]. In this description the transition is generally attributed to the flame acceleration induced by the Darrieus-Landau instability. Yet, the acceleration resulting from wrinkling seems to be rather a weak effect whose ability to trigger the transition, even in large flammable clouds, is not at all obvious [3-6]. Moreover, there are opinions that in truly unconfined systems transition is actually unfeasible [7]. Apart from the Darrieus-Landau instability there is another mechanism capable of inducing the acceleration. Palm-Leis and Strehlow [8] in their study of outwardly propagating propane-air flames reported an interesting observation: the flame accelerates for lean and decelerates for rich mixtures. The sensitivity of the flame dynamics to the composition of the mixture may be interpreted in terms of the impact of the deficient reactant Lewis number on the flame stretch [9].

The spherical flame will accelerate (decelerate) provided the Lewis number is high (low) enough, which is precisely the case of lean (rich) propane-air flames. As has long been shown theoretically by Deshaies and Joulin [10], and more recently numerically by Gamezo et al [11] (see also Ref. [12]) a planar adiabatic flame cannot endure propagation at an overly high speed. The reaction wave is then compelled to assume an alternative mode of the dynamic equilibrium, which is detonation. The transition from deflagrative to detonative mode may therefore be triggered by an appropriate change of parameters, e.g. outer pressure and/or temperature. In the Deshaies-Joulin theory the upper (yet subsonic) bound for the normal flame speed is caused by positive feedback between the advancing flame and the flame-driven pressure build-up, which results in the thermal runaway when the flame speed reaches a critical level. In light of the aforesaid, one may expect that transition to detonation of an unwrinkled outwardly propagating spherical flame may be possible if the evolving flame is close to its propagability threshold and the deficient reactant Lewis number is not too small. The numerical tests presented show that in a properly preconditioned unconfined environment the transition from deflagrative to detonative mode is theoretically possible, even in the absence of flame wrinkling (Darrieus-Landau instability, background turbulence). Moreover, at the transition point, by an appropriate adjustment of the outer pressure and/or temperature, the flame radius can be made arbitrarily large, which should facilitate experimental verification of the theory. The adopted one-dimensional formulation may pertain to the incipient hydrodynamically stable stage of the flame expansion or to a situation where the influence of the wrinkling may be considered as relatively weak. Yet, to widen the model's range of applicability the impact of wrinkling should be incorporated. The effect can actually be modeled even without leaving the framework of the one-dimensional description by just replacing the reaction rate term W by $\Sigma^2 W$, with Σ being the ratio of the total area of the wrinkled front to the area associated with its average radius R [12]. For large radii $\Sigma \sim R^{D-2}$, where D is the wrinkled front fractal dimension [13-17]. Within Σ -based formulation detonation may obviously be triggered at any initial temperature and pressure, as soon as R becomes large enough.

References

1. Ya. B. Zeldovich, A. I. Rozlovskii, On the onset of unstable normal burning: Transition of a spherical flame to detonation, *Dokl. Akad. Nauk SSSR* 57 (1947) 365-368 (in Russian).
2. K. I. Shchelkin, Ya. K. Troshin, *Gasdynamics of Combustion*, Mono Book Corp., Baltimore, 1965.
3. C. D. Lind, J. C. Whitson, Explosive hazards associated with spills of large quantities of hazardous materials. Phase II, Report CG-D-85-77, Dept. Transportation, US Coast Guard, 1977.
4. V. I. Makeev, Ya. A. Gostintsev, V. V. Stroganov, Ya. A. Bokhun, Ya. N. Chernushkin, V. N. Kulikov, Combustion and detonation of hydrogen-air mixtures in free spaces, *Combust. Explos. Shock Waves*, 19 (1983) 548-550.
5. D. Bradley, T. M. Gesswell, J. S. Puttock, Flame acceleration due to flame-induced instabilities in large-scale explosions, *Combust. Flame* 124 (2001) 551-559.
6. C. R. Bauwens, J. M. Bergthorson, S. B. Dorofeev, Experimental study of spherical-flame acceleration mechanisms in large-scale propane-air flames, *Proc. Combust. Inst.* 35 (2015) 2059-2066.
7. A. L. Podgrebenkov, B. E. Gelfand, S. M. Kogarko, A. A. Borisov, Reasons for the occurrence of spherical detonation in a closed volume, *Dokl. Akad. Nauk SSSR* 184 (1969) 883-885 (in Russian).
8. A. Palm-Leis, R. A. Strehlow, On the propagation of turbulent flames, *Combust. Flame* 13 (1969) 111-129.
9. M. L. Frankel, G. I. Sivashinsky, On effects due to thermal expansion and Lewis number in spherical flame propagation, *Combust. Sci. Technol.* 31 (1983) 131-138.
10. B. Deshaies, G. Joulin, Flame-speed sensitivity to temperature changes and the deflagration-to-detonation transition, *Combust. Flame* 77 (1989) 201-212.
11. V. N. Gamezo, A. Y. Puludnenko, E. S. Oran, One-dimensional evolution of fast flames, *Proc. 23rd Int. Colloq. Dyn. React. Syst. (ICDERS)*, July 24-29, 2011, Irving, USA.
12. L. Kagan, G. Sivashinsky, Parametric transition from deflagration-to-detonation: Runaway of fast flames. *Proc. Combust. Inst.* 36 (2016), submitted.
13. Yu. A. Gostintsev, A. G. Istratov, Y. V. Shulenin, Self-similar propagation of a free turbulent flame in mixed gas mixtures, *Combust. Explos. Shock Waves* 24 (1988) 563-569.
14. L. Filyand, G. I. Sivashinsky, M. L. Frankel, On self-acceleration of outward propagating wrinkled flames, *Physica D* 72 (1994) 110-118.

15. W. I. Ashurst, Darrieus-Landau instability, growing cycloids and expanding flame acceleration, *Combust. Theory Model.* 1 (1997) 405-428.
16. D. Bradley, Instabilities and flame speeds in large-scale premixed gaseous explosions, *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* A357 (1999) 3567-3581.
17. M. A. Liberman, M. F. Ivanov, O. E. Peil, D. M. Valiev, Self-acceleration and fractal structure of outward freely propagating flames, *Phys. Fluids* 16 (2004) 2476-2481.

A. Kalinin, P. Pochekunin (A.O. Калинин, П.С. Почекунин)

FEFU, Vladivostok

ENERGY-EFFICIENT HOUSE (ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ДОМ)

Аннотация

В условиях роста цен на электричество и тепло, остро стоит вопрос эксплуатационных затрат на жилье. В статье показаны возможные варианты комбинирования систем тепло-холодоснабжения на основе возобновляемых источниках энергии и традиционных.

Архитектурные решения энергоэффективного дома базируется на принципах: компактности, качественного и эффективного утепления, правильной геометрии здания и ориентации по сторонам света. К активным методам энергосбережения относится использование альтернативных или возобновляемых источников тепловой энергии (тепловых насосов или солнечных коллекторов) и систем утилизации низкопотенциальной тепловой энергии (например систем приточно-вытяжной вентиляции с рекуператорами).

Использование тепловых насосов в качестве источников теплоснабжения позволяет решить проблему кондиционирования здания в теплый период года, когда требуется дополнительный источник холода для достижения комфортных условий

Ниже представлены основные элементы схемы тепло-холодоснабжения энергоэффективного дома на базе воздушных тепловых насосов и солнечных коллекторов. В качестве доводчиков и резервного теплоснабжения используются электрические котлы.

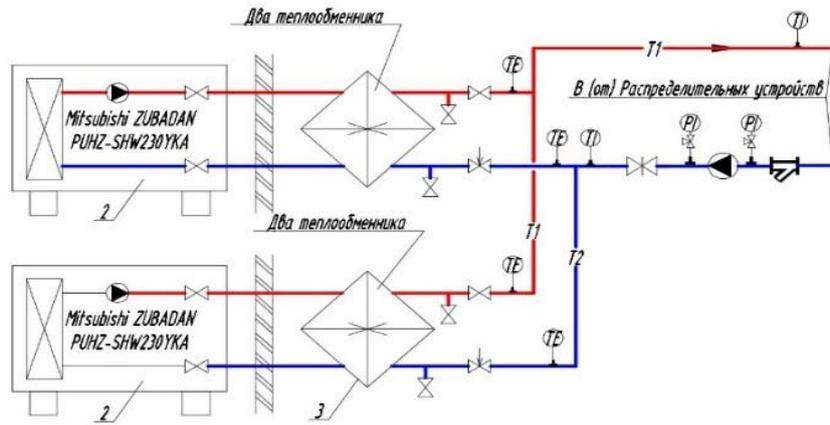


Рис. 1. Схема подключения основного источник тепло-холодоснабжения

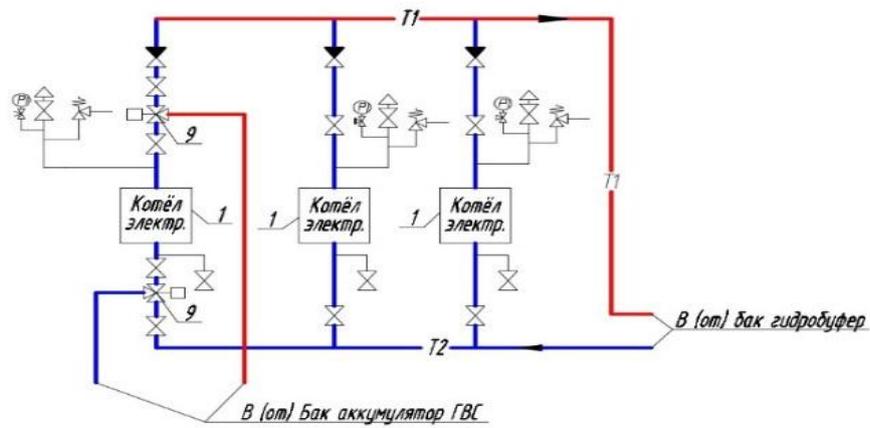


Рис. 2. Схема подключения резервного источник теплоснабжения

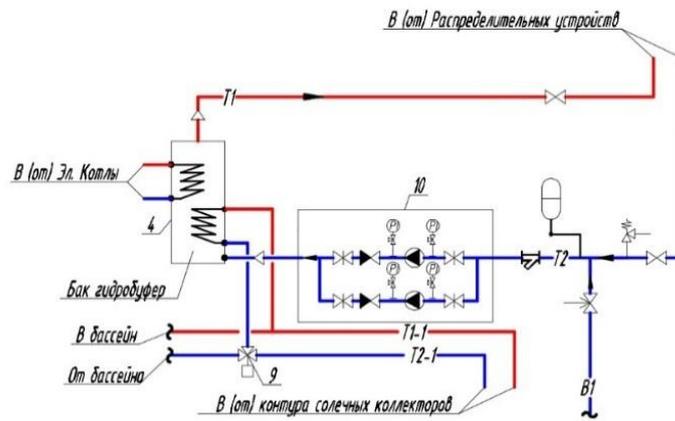


Рис. 3. Схема присоединения циркуляционных насосов и бака-гидробуфера

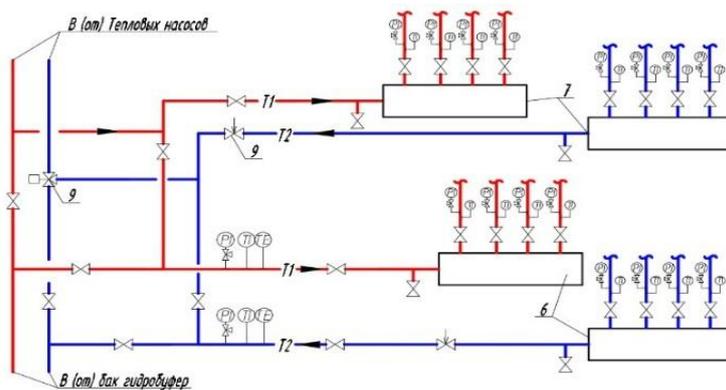


Рис. 4. Схема присоединения распределительных устройств

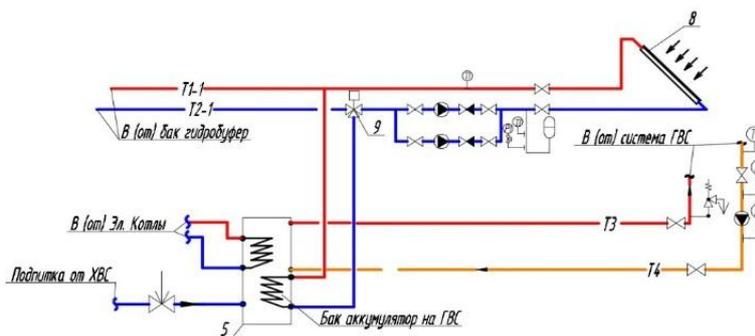


Рис. 5. Схема присоединения солнечных коллекторов и подключения системы ГВС

Условные обозначения к рисункам 1-5: 1 – электрический котел; 2 – воздушный тепловой насос Mitsubishi ZUBADAN; 3 – пластинчатый теплообменник; 4 – бак-гидробуфер с двумя теплообменниками; 5 – бак аккумулятор на систему ГВС с двумя косвенными теплообменниками; 6 – распределительные устройства системы теплый пол; 7 – распределительные гребенки фанкойлов; 8 – плоские солнечные коллектора типа АЕ-40; 9 – клапан трехходовой с электроприводом.

Реализованная схема теплоснабжения позволяет создать комфортный микроклимат в помещениях индивидуального жилого дома. Для каждого времени года система за счет автоматики работает в определенном режиме.

Зимний период: воздушные тепловые насосы работают в оптимальном режиме до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, если температура опускается ниже тепловые насосы отключаются (рис. 1) и подключаются электрические котлы (рис. 2) совместно с солнечными коллекторами (рис. 5). Использование солнечных коллекторов позволяет снизить потребление электрической энергии. Электрические котлы и солнечные коллектора посредством двух теплообменников в баке-гидробуфере нагревают контур основных систем отопле-

ния дома. С помощью насосной группы, установленной на основном контуре системы отопления, теплоноситель поступает на распределительные гребенки систем: теплый пол, фанкойлы.

Осенний-весенний период: система отопления работает за счет воздушных тепловых насосов. От тепловых насосов до пластинчатых теплообменников циркулирует незамерзающая жидкость, так как часть трубопровода контактирует с наружным воздухом. В контуре после теплообменников в качестве теплоносителя циркулирует вода, которая обеспечивает оптимальный температурный график работы теплого пола и фанкойлов. В данном контуре установлен свой насос, который посредством автоматики создает циркуляцию теплоносителя. Солнечные коллекторы переключены на систему горячего водоснабжения (рис. 5). По контуру от солнечных коллекторов до бака аккумулятора циркулирует незамерзающая жидкость. В контуре установлена своя насосная группа. В ночное время, если необходимо, горячее водоснабжение может быть обеспечено за счет электрического котла, который подключен через теплообменник к баку аккумулятора.

Летний период: тепловые насосы работают в реверсивном режиме на систему кондиционирования. Тепловые насосы (рис. 1) подают в контур охлажденный теплоноситель на фанкойлы, которые обеспечивают подачу холодного воздуха в помещения индивидуального жилого дома. По желанию заказчика в данной схеме теплый пол может быть отключен, но дополнительно предусмотрена возможность обеспечения работы теплого пола в помещениях санитарных узлов и душевых, посредством работы электрического котла через бак-гидробуфер (рис. 3). Солнечные коллектора в летний период работают на систему горячего водоснабжения и на подогрев воды в бассейне. Избытки теплоты сбрасываются в бассейн.

Управление работой оборудования в приведенных схемах теплоснабжения предусматривается от свободно программируемого контроллера, который позволяет использовать любой заданный пользователем алгоритм управления.

Для этого предусматривается контроль температуры теплоносителя, посредством установки термopеобразователей сопротивления, во втором контуре после теплообменников поз. 3 (рис. 1) и в системе теплый пол (рис. 4). Для регулирования теплоотдачи системы теплоснабжения используются трехходовые смесительные клапаны.

Управление распределением потоков теплоносителей осуществляется регулирующими трехходовыми клапанами с аналоговым управлением. Так как для стабильной работы трехходовых клапанов необходимо поддержание постоянного давления, поэтому все циркуляционные насосы имеют встроенные частотные приводы для поддержания постоянного давления в напорном коллекторе.

Для защиты циркуляционных насосов от сухого хода предусматривается установка реле давления. Включение автоматического ввода резерва и периодическое переключение между рабочим и резервным насосом (для увеличения срока службы насоса) предусматривается с основного контроллера по заданному алгоритму.

Для контроля параметров предусматривается Scada (Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных) предназначенная для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации о системах теплоснабжения объекта.

Литература

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий / Thermal performance of the buildings. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.

2. Комбинированная система теплоснабжения [Текст]: пат. 85989 Рос. Федерация: МПК F24J 2/00, F24D 11/00, F24D 12/00 / А.С. Штым, П.Е. Хвостик, А.А. Журмилов, И.А. Маркелова (Журмилова), Е.О. Путилина. - № 2009114999/22; заявл. 20.04.2009; опубл. 20.08.2009, Бюл. № 23.

*A. Kobzar, N. Turchanovich, I. Turchanovich (А.В. Кобзарь,
Н.Н. Турчанович, И.Е. Турчанович)*

FEFU, Vladivostok

**COST EFFICIENCY ANALYSIS OF THE REQUIRED R-VALUES
OF BUILDING ENVELOPES. (ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФ-
ФЕКТИВНОСТИ БАЗОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТРЕБУЕМОГО СОПРО-
ТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУК-
ЦИЙ ЗДАНИЙ)**

Аннотация

Нормативные требования предусматривают значительное повышение сопротивления теплопередаче всех, без исключения, ограждающих конструкций зданий. Однако реализация проектных решений, базирующихся на предписывающих требованиях нормативного документа[1], существенно ограничивает творческий подход к поиску оптимального, т.е., экономически целесообразного уровня теплозащиты в каждом конкретном случае. Оправданный уровень теплозащиты может быть обоснован только на основании результатов анализа экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия, находящейся в прямой зависимости от существующей и прогнозируемой стоимости энергетических ресурсов. В работе проведены результаты предварительного анализа экономической эффективности инвестиций в дальнейшее повышение теплозащиты ограждающих конструкций жилых зданий в условиях Российской Федерации.

Энергопотребление зданий различного назначения с середины 1990-х годов стало определяющим критерием эффективности использования энергии потребителями. Первоочередными энергосберегающими мероприятиями, реализуемыми в РФ, являются: повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий и внедрение средств автоматического регулирования в системах организации микроклимата при проектировании новых и реконструкции существующих зданий. Реализация нормативных требований к теплозащите зданий привела к значительному повышению значений приведенного сопротивления теплопередаче ограждений. Так, для наружных стен, покрытий и перекрытий жилых зданий в г. Владивостоке повышение этой величины по сравнению с нормативами,

действующими до внедрения 1-го этапа энергосбережения, составило соответственно в 3.6, в 3.4 и в 2.5 раза. Повышение теплозащитных свойств ограждающих конструкций при сохранении, в целом, подходов к обеспечению несущей способности ограждений производится за счет использования различных теплоизоляционных материалов. Устанавливая требования к необходимому уровню теплозащиты зданий нормативный документ [1] не предусматривает альтернативных подходов к оценке рациональности нормативных значений сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций.

При разработке нормативов по теплозащите зданий авторы исходили из главного постулата программы энергосбережения – установленные значения требуемых сопротивлений теплопередаче ограждений направлены на повышение энергетической эффективности зданий, достигаемой за счет снижения затрат на потребляемые не возобновляемые топливно-энергетические ресурсы. Не редки предложения о дальнейшем повышении сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций в связи с непрерывным повышением тарифов на тепловую и электрическую энергию для населения, ссылаясь на зарубежные нормативы по теплозащите ограждающих конструкций.

Для сопоставления и анализа нормативов в таблице 1 приведены значения теплотехнических показателей ограждающих конструкций и климатологических параметров ряда столиц стран Западной Европы и городов РФ в диапазоне ГСОП (градусо-сутки отопительного периода) от 2000 до 4000 [2]. Для обеспечения идентичности параметров, регламентируемых Западноевропейскими и Российскими стандартами, базовые значения коэффициентов теплопередаче ограждающих конструкций на территории РФ определены по формуле:

$$K^{TP} = \frac{1}{R_0^{TP}}, \quad (1)$$

где K^{TP} – коэффициент теплопередаче, ;

– сопротивление теплопередаче, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$;

Приведенные в таблице 1 данные свидетельствуют о том, что базовый уровень теплозащиты ограждающих конструкций, установленный нормами [1], в целом, близок нормативным требованиям к коэффициенту теплопередачи ограждений Западноевропейских стандартов в строительстве при соответствующих значениях ГСОП (см. таблица 1). Следует отметить, что для конструкций пола в РФ установлены более «жесткие», чем

в Западной Европе теплозащитные требования, независимо от значений ГСОП (за исключением Финляндии).

Таблица 1

**Нормативные значения коэффициентов теплопередаче
ограждающих конструкций**

Город (страна)	Коэффициент теплопередаче, $K^{тр}$,			ГСОП, ($^{\circ}C \cdot сут$)/год
	Стена	Кровля (покрытие)	Пол (перекрытие)	
Хельсинки (Финляндия)	0.28	0.22	0.22	4232
Берлин (ФРГ)	1.2...1.5	0.30	0.55	2604
Амстердам (Нидерланды)	0.374	0.374	0.68	2819
Стокгольм (Швеция)	0.30	0.20	0.30	3445
Лондон (Великобритания)	0.45	0.25	0.45	2095
Владивосток (РФ)	0.325	0.23	0.25	4811
Москва (РФ)	0.345	0.22	0.253	4551
Воронеж(РФ)	0.346	0.23	0.261	4275
Калининград(РФ)	0.379	0.25	0.286	3534
Ставрополь(РФ)	0.37	0.245	0.28	3730
Краснодар(РФ)	0.416	0.275	0.313	2871

Насколько экономически оправданы нормативные требования к базовым и более высоким значениям сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций?

Объективная оценка экономической эффективности энергосберегающих мероприятий, заключающихся в тепловой защите ограждающих конструкций, возможна только при соблюдении основных принципов сопоставимости сравниваемых вариантов конструктивных решений и должна основываться на представлении анализируемого здания как единой энергетической системы. Заключение о целесообразности проводимого энергосберегающего мероприятия и принятие решения по его инвестированию принимается на основании значения предварительно выбранного

инвестором приоритетного критерия. Приведены результаты предварительного анализа экономической эффективности теплозащиты ограждающих конструкций, проведенного в соответствии с методическими рекомендациями[3]. Реализация энергосберегающего мероприятия целесообразна при выполнении условия:

$$R_1 > R_2, \quad (2)$$

где R_1 и R_2 – сопротивления теплопередаче для двух вариантов, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$;

i – приведенные затраты соответственно для R_1 и R_2 , руб/ м^2 , рассчитываются по формуле:

$$i = \frac{K + C \cdot T}{T}, \text{ руб/м}^2, \quad (3)$$

где K_1, K_2 – единовременные затраты в сравниваемых вариантах, руб/ м^2 ;

C_1, C_2 – ежегодные расчетные издержки в сравниваемых вариантах, руб/ $(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ рассчитываются по формуле:

$$C = \frac{Q \cdot T}{1000}, \text{ руб/}(\text{м}^2 \cdot \text{год}) \quad (4)$$

T – продолжительность расчетного периода, в данном случае, продолжительность срока службы тепловой изоляции, в расчетах принята $T = 15$ лет;

r – прогнозируемый ежегодный рост тарифов на энергоресурсы, в примере $r = 0,08$;

– стоимость энергоресурса, руб/(КВт·ч), принята руб/(КВт·ч);

– градусо-сутки отопительного периода, $(\text{°C} \cdot \text{сут})/\text{год}$, принято ГСОП = 4811 $(\text{°C} \cdot \text{сут})/\text{год}$.

Повышение теплозащиты ограждения по отношению к базовому нормативу экономически целесообразно при выполнении условия:

$$K_2 - K_1 < C_1 - C_2. \quad (5)$$

Результаты расчетов экономической эффективности мероприятий по повышению теплозащиты наружной стены из газобетона толщиной 300 мм, площадью 1,0 м^2 , приведены в таблице 2.

**Результаты оценки экономической эффективности
энергосберегающего мероприятия**

Показатели	Ед. изм.	Вариант1 (при)	Вариант2 (при $R_2 = 4.08(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$)
Единовременные затраты	руб/м ²	1040	1470
Увеличение единовременных затрат $K_2 > K_1$	руб/м ²	430	
Эксплуатационные	руб/(м ² ·год)	3278	2457
Увеличение эксплуатационных затрат	руб/(м ² ·год)	821	Реализация экономически целесообразна

Выводы

Результаты предварительного анализа свидетельствует о необходимости проведения оценки экономической эффективности тепловой защиты ограждений зданий с учетом конструктивных решений, вида и стоимости энергоресурса, ограничений по предельно возможному размеру инвестиций и других факторов.

Разрабатывается алгоритм оценки экономически обоснованного уровня теплозащиты ограждающих конструкций.

Литература

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Минрегион России. 96 с. 2012.
2. Полушкин В.И., Анисимов С.М., Васильев В.Ф., Смирнов А.Ф., Суханов И.И.. Отопление: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. Издательский центр «Академия». 256 с. 2010.
3. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. Минрегион России. 108 с. 2012.

A. Koval, A. Shtym (A.A. Козаль, А.С. Штым)

FEFU, Vladivostok

**HEAT AND COLD SUPPLY WOODEN MODULAR BUILDINGS
BASED ON ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN THE VILLAGE
CHUGUEVKA (ТЕПЛО-ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ ДЕРЕВЯННОГО
МОДУЛЬНОГО ЗДАНИЯ В С. ЧУГУЕВКА НА ОСНОВЕ ЭНЕРГО-
СБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ)**

АННОТАЦИЯ

Внедрение возобновляемых источников энергии в систему отопления и охлаждения деревянного модульного здания. Сравнение эффективности традиционных и альтернативных систем теплоснабжения. Разработка новых конструкций энергоэффективных установок.

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека.

Цель проектирования и строительства инновационного модульного деревянного здания состоит в использовании инновационных решений, которые осуществимы технически и обоснованы экономически. Принимаемые инженерные решения направлены на улучшение микроклимата помещений с наименьшими затратами энергии.

В рамках работы по гранту «Разработка систем жизнеобеспечения для инновационного модульного деревянного здания, отвечающего требованиям энергосбережения и обеспечивающего требуемые условия микроклимата в помещениях» внедрены технологии для обеспечения тепло-холодоснабжения, позволяющие использовать энергию возобновляемых источников.

Система тепло-холодоснабжения здания включает в себя: тепловой насос «воздух-вода», воздушные солнечные коллектора, фанкойлы, энергохранилище.

Принцип работы системы теплоснабжения деревянного здания (рис.1) заключается в следующем: наружный воздух, проходящий через воздушные солнечные коллектора, нагнетается вентилятором в чердачное пространство до тех пор, пока температура внутреннего воздуха не становится равной или меньше температуры поверхности солнечного

коллектора. Затем вентилятор отключается и открывается заслонка приточного воздуховода наружного воздуха, который подается до момента, пока температура наружного воздуха не опускается ниже $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Как только это происходит, заслонка перекрывается и запускается система воздуховодов энергохранилища, расположенного в подвале. По вытяжному воздуховоду воздух забирается из чердачного пространства и подается в энергохранилище, проходя через которое позволяет замораживать воду внутри энергохранилища, с последующим использованием его в режиме холодоснабжения в теплый период года. Воздух, подающийся из энергохранилища, повышает температуру в чердачном пространстве. Энергохранилище преимущественно работает в ночное время. В случае если требуется дополнительно заморозить холодоисточник в энергохранилище или охладить его до температуры наружного воздуха, в помещении энергохранилища открывается оконный проем и происходит замораживание холодоисточника. Тепловой насос прекращает свою работу при понижении температуры в чердачном пространстве при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, в этом случае включается резервный электрический котел, установленный в подвале здания.

Система внутренних воздуховодов при охлаждении помещений оборудована автоматическими заслонками, которые открываются, когда температура во внутренних помещениях превышает $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$. И закрываются при понижении температуры до $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для предотвращения подачи в помещения слишком холодного воздуха предусмотрена рециркуляционная линия, которая осуществляет подмес вытяжного воздуха к приточному.

Количество энергии, необходимое для заморозки энергохранилища $Q_{\text{треб.}} = 4168000\text{ кДж}$

Необходимая длительность периода потребления холода за год составляет 83.58 суток.

При работе системы в течение 3-4 часов в день, требуемого запаса холодоисточника хватит для обеспечения расчетной длительности холододопотребления.

Использование энергии, полученной при аккумуляции естественного холода, в комбинации с другими энерго-эффективными решениями для систем отопления и кондиционирования, позволяет поддерживать комфортные условия нахождения людей в помещении при значительном снижении затрат на электроэнергию.

Данная энергосберегающая имеет широкие перспективы использования не только в России, но и за рубежом, там, где климатические условия позволяют аккумулировать естественный холод в зимний период года.

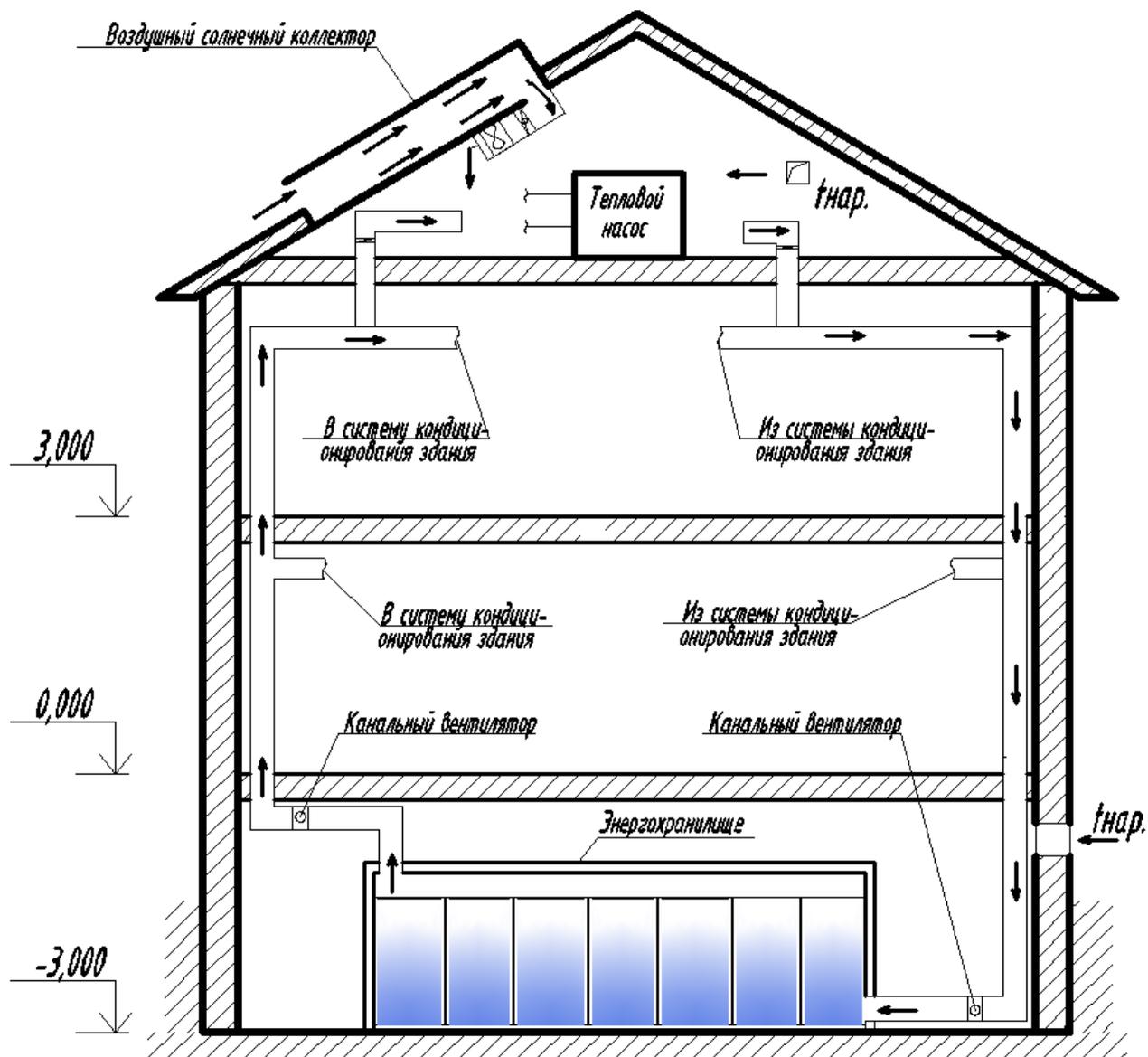


Рис. 1. Схема систем тепло- холодоснабжения инновационного модульного деревянного здания.

*E. Konovalova, A. Onishchenko, O. Kalashnikova, L. Evtushenko,
A. Rzhechinsky, D. Stom (E. Ю. Коновалова 1, А. К. Онищенко 1,
О. Б. Калашникова 1, Л. И. Евтушенко 2, А. Э. Ржечинский 3,
Д. И. Стom 1,3,4)*

¹Irkutsk State University, Irkutsk

²Skryabin Institute of biochemistry and physiology of microorganisms,
Pushchino

³Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk

⁴Baikal Museum of the Irkutsk scientific center SB RAS, Listvyanka

USING SERRATIA MARCESCENS IN MICROBIAL FUEL CELLS (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SERRATIA MARCESCENS В МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ)

Аннотация

Изучена возможность генерирования электрического тока в микробных топливных элементах (МТЭ), инокулированных активным илом нефтехимического комбината и выделенным из него штаммом *Serratia marcescens*. Проанализировано влияние додецилсульфата натрия на электрохимические и микробиологические характеристики МТЭ.

Основной путь обезвреживания сточных вод, в том числе и промышленных - микробиологическая очистка. Технология микробных топливных элементов (МТЭ) позволяет напрямую получать электричество за счет утилизации компонентов сточных вод [1,2,3].

Ранее *S. marcescens* не была зарегистрирована в работах как штамм работающий в МТЭ. Ближайшие представители семейства *Enterobacteriaceae* задействованные в МТЭ - *Proteus vulgaris* [4] и *Escherichia coli* [5]. Целью данного сообщения было изучение возможности генерирования электрического тока в МТЭ инокулированных активным илом нефтехимического комбината и выделенным из него штаммом *Serratia marcescens*, а так же проанализировать влияние додецилсульфат натрия (ДСН), характерного представителя анионных поверхностно-активных веществ хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, на концентрацию клеток микроорганизмов, их микробное число (МЧ), на электродвижущую силу (ЭДС) и другие электрические характеристики МТЭ.

Материалы и методы исследования

Примененные в работе МТЭ состояли из ячеек, разделенных с помощью протонообменной мембраны СМІ (Membraness International, USA, толщина, мм 0.45 ± 0.025 , обменная емкость, мг-экв/г 1.6 ± 0.1 , электросопротивление, Ом/см² < 30) на две части. Объемы анодного и катодного отсека равны и составляют 230 мл. Геометрические размеры камер: длина – 55 мм, ширина – 55 мм, высота – 110 мм. Стенки камер выполнены из органического стекла толщиной 4 мм. Размер прямоугольного окна между камерами 40x90 мм. Катодная камера оборудована устройствами для подвода - отвода воздуха, и вращающий элемент магнитной мешалки, установленной в анодной камере.

В работе применяли пористые карбид-кремниевые электроды в виде полого цилиндра. Их наружный диаметр - 18, внутренний – 6 и длина 90 мм. Объем пор электрода составляет не менее 30% от полного объема, размер варьирует от 10 до 100 мкм.

Анодную и катодную камеру заполняли модельной сточной водой, приготовленной по стандартной методике (ГОСТ Р 50595-93) с добавлением ДСН, и не содержащую токсикантов [4]. В качестве объекта исследования использовали активный ил нефтехимического комбината и выделенный из него штамм *S. marcescens*. В анодной камере поддерживали анаэробные условия. В другой части ячейки - катодной камере, напротив, аэрацию катодного отсека осуществляли компрессором (Dezzie, D-044, China). Воздух со скоростью 1,5 л/ч подавали через верхнюю цилиндрическую часть электрода.

Количество микроорганизмов определяли, используя метод Мак-Креди и Коха [7]. Все показатели (титр, напряжение) определяли сразу и через 8, 10, 24 часов. Регистрацию потенциала микробного топливного элемента проводили с помощью мультиметра ДТ 9208 А. Выводы сделаны при вероятности безошибочного прогноза $P > 0,95$.

Результаты и обсуждение

В первой серии экспериментов в анодную и катодную камеры МТЭ заливали модельную сточную воду и не вносили микроорганизмы. В этом случае существенного роста бактерий не было зафиксировано в течение всего суточного эксперимента. К концу опыта напряжение в ячейках со-

ставило $20 \pm 0,9$ mV. Выход ЭДС в МТЭ с активным илом составляет $540 \pm 81,0$ mV, а с *S. marcescens* $455 \pm 68,2$ (рис.1).

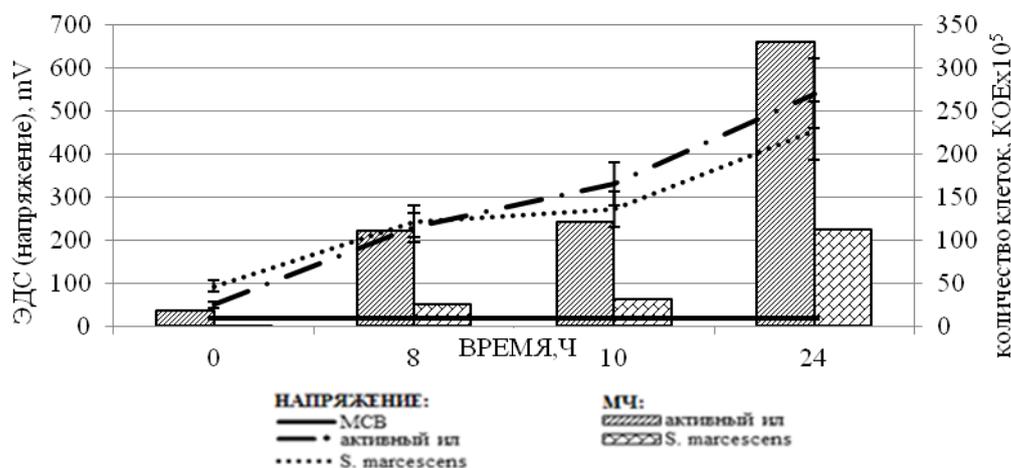


Рис. 1. Электрогенная активность и рост активного ила и *S. marcescens* в МТЭ (среда – модельная сточная вода, субстрат – пептон 0,15 г/дм³, электроды карбид кремниевые)

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы. Наиболее губительной оказалась концентрация 0,1 % ДСН, при добавлении 0,01% ДСН наибольшие показатели напряжения были зафиксированы в МТЭ с активным илом, что обусловлено его многовидовым составом, т.к. он является консорциумом микроорганизмов. Выделенный штамм *S. marcescens* обладает достаточно высокой электрогенной активностью, что позволяет рекомендовать его для применения в технологии МТЭ и для очистки сточных вод.

Литература

1. Aelterman, P. Microbial fuel cells for wastewater treatment / Aelterman P., Rabaey K., Clauwaert P., Verstraete W. // Water Science and Technology, Vol. 54, No 8, 2006, p.9-16;
2. Bullen, R. A. Biofuel cells and their development / Bullen R.A., Arnot T.C., Lakeman J.B., Walsh F.C. // Biosensors and Bioelectronics, Vol. 21, 2006, p. 2015–2045;
3. Konovalova E.Yu., Stom D.I. et al. Using microbial fuel cells for utilization of industrial waste water // Industrial, mechanical and manufacturing science - Zheng (Ed.). Taylor & Francis Group, London, 2015, p. 71-74;
4. Park D.H., Kim B.H., Moore B. et al. Electrode reaction of *Desulfovibrio desulfuricans* modified with organic conductive compounds // Biotechnol. Techniques. 1997. Vol. 11. P. 145;

5. Park D.M., Kim S. K., Shin I.H. et al. Electricity production in biofuel cell using modified graphite electrode with neutral red// Biotechnol. Lett. 2000. Vol. 22. P. 1301;

6. ГОСТ Р 50595-93 Вещества поверхностно-активные. Метод определения биоразлагаемости в водной среде;

7. Практикум по микробиологии: Учеб.пособие для студ. вузов. / А. И. Нетрусов [и др.]; ред. А. И. Нетрусов. – М. : Академия, 2005. – 608 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках реализации проектной части государственного задания в сфере научной деятельности (Задание № 13.1263.2014/К от 11.07.2014).

*A. Levitsev 1, B. Grishin, V. Salmin, O. Tarakanov 2 (А.П. Левцев,
Б.М. Гришин, В.В. Салмин, О.В. Тараканов)*

¹Ogarev Mordovia State University, Saransk

²Penza State University of architecture and construction, Penza

METHODS OF VALUATION HEAT BUILDINGS (МЕТОДИКА НОРМИРОВАНИЯ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЗДАНИЙ)

Аннотация

Предлагается методика определения составляющих теплопотерь через вертикальные и горизонтальные ограждающие конструкции, а также с инфильтрацией воздуха для группы однотипных зданий, расположенных в различных местах городской застройки. Составляющие теплопотерь определяются через фактическое теплопотребление, зафиксированное узлами коммерческого учета за несколько однотипных временных интервалов. Методика определения составляющих теплопотерь апробирована на двух группах однотипных общежитий и может быть успешно использоваться для дифференциации тарифа на тепловую энергию внутри вуза.

Предлагается методика определения составляющих теплопотерь через вертикальные и горизонтальные ограждающие конструкции, а также с инфильтрацией воздуха для группы однотипных зданий, расположенных в различных местах городской застройки.

Для этого в уравнение теплопередачи для зданий объемом по наружному измерению V , m^3 , периметром в плане P , m , площадью в плане S , m^2 , и высотой L , m , [1] необходимо добавить слагаемое, учитывающее тепловые потери, вызванные вентиляцией, а где ее нет - инфильтрацией

$$Q_m = (t_e - t_n)V \left(\frac{P}{S}(k_c + \varphi(k_{ок} - k_e)) + \frac{1}{L}(\psi_1 k_{nm} + \psi_2 k_{nl}) + fc_v \right), \quad (1)$$

где k_e , $k_{ок}$, k_{nm} , k_{nl} - соответственно коэффициент теплопередачи стен, окон, пола нижнего этажа, потолка верхнего этажа, $Вт/(m^2 \text{ } ^\circ C)$;

$\frac{P}{S}$ - коэффициент остекления (отношение площади окон к площади ограничивающих конструкций);

ψ_1 , ψ_2 - поправочные коэффициенты на расчетный перепад температур для верхнего и нижнего горизонтальных ограждений здания;

t_e - усредненная температура внутреннего воздуха отапливаемых помещений, $^\circ C$;

t_n - температура наружного воздуха, $^\circ C$;

f - частота замены объема воздуха в здании свежим воздухом, $1/c$;

c_v - объемная теплоемкость воздуха, $Дж/(m^3 \text{ } ^\circ C)$;

V - объем здания, m^3 .

Последнее слагаемое в уравнении (1), учитывающее потери теплоты здания инфильтрацией, характеризует расположение здания в различных местах застройки. Применительно к группе из трех однотипных зданий, расположенных не в одинаковых условиях (по отношению к сторонам света, соседним зданиям и т.п.), с учетом того, что

$$\begin{aligned} k_e &= k_c + \varphi(k_{ок} - k_e), \\ k_z &= \psi_1 k_{nm} + \psi_2 k_{nl}, \end{aligned} \quad (2)$$

уравнение (1) для одного здания можно записать в виде:

$$F_1 k_e \Delta t + F_2 k_z \Delta t + V \Delta t c_v f = Q_m. \quad (3)$$

Далее уравнение (3) можно представить как:

$$a_1 k_e + a_2 k_z + a_3 f = Q_m, \quad (4)$$

где $a_1 = F_1 \Delta t$, $a_2 = F_2 \Delta t$, $a_3 = V \Delta t c_v$.

Таким образом, что бы решить уравнение (4), необходимо составить систему из трех уравнений:

$$\begin{cases} a_{11}k_{\theta} + a_{12}k_{\varepsilon} + a_{13}f = Q_1, \\ a_{21}k_{\theta} + a_{22}k_{\varepsilon} + a_{23}f = Q_2, \\ a_{31}k_{\theta} + a_{32}k_{\varepsilon} + a_{33}f = Q_3. \end{cases} \quad (5)$$

Методика определения составляющих теплопотерь апробирована на двух группах однотипных общежитий ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», с учетом требований [2]. Значения фактических и расчетных среднесуточных тепловых потерь зданий общежитий приведены соответственно в табл.1 и 2.

Таблица 1

**Значения фактических среднесуточных тепловых потерь
зданий общежитий**

№ п/п	Номер общежития	$Q_{\text{час}}^{\phi}$ фактическое среднесуточное часовое теплопотребление здания, Мкал/ч			
		$t_n = -10, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_n = -7, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_n = -4, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_n = -1, \text{ }^{\circ}\text{C}$
1.	1	329,71	279,08	277	242,54
2.	7	158	-	126,29	-
3.	8	255	223,9583	219,4167	196,0417
4.	12	345,875	290,52	290,04	253,25

Таблица 2

**Значения расчетных среднесуточных тепловых потерь
зданий общежитий**

№ п/п	Номер общежития	$Q_{\text{час}}^p$ фактическое среднесуточное часовое теплопотребление здания, Мкал/ч			
		$t_n = -10, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_n = -7, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_n = -4, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_n = -1, \text{ }^{\circ}\text{C}$
1.	1	317,57	277,67	247,93	242,54
2.	7	150,27	-	126,29	-
3.	8	249,73	220,97	198,42	175,87
4.	12	303,44	264,27	235,31	206,34

Предполагая, что изменение тепловой нагрузки здания выше расчетного значения происходит за счет инфильтрации, для выбранных общежитий было найдено значение частоты замены объема воздуха в здании свежим воздухом, $1/\tau$ (табл. 3). Как видно из таблицы 3 даже однотипные здания (общежития №1 и №12), имеют неодинаковое тепловое потребление при одной и той же температуре наружного воздуха. В связи с этим, применять одинаковый тариф для всех однотипных зданий без учета их фактического состояния при расчете платы за отопление является некорректным [3]. Поэтому к общему тарифу необходимо ввести поправочный коэффициент, учитывающий фактическую величину смену объемов воздуха (инфильтрацию) для данного общежития. Принимая за базовое f усредненное для однотипных групп общежитий, получаем поправочный коэффициент к тарифу для данного здания

$$k_j = \frac{f_{ij}}{\bar{f}_j}, \quad (6)$$

где f_{ij} – поправочный коэффициент, учитывающий фактическую смену объемов воздуха в i -е общежитии в j -ой группе;

\bar{f}_j – усредненное значение коэффициента, учитывающего фактическую смену объемов воздуха.

Значение усредненного коэффициента, учитывающего фактическую смену объемов воздуха, рассчитывается для группы однотипных зданий

$$\bar{f}_j = \frac{\sum V_i f_i}{\sum V_i}, \quad (7)$$

где V_i – строительный объем соответствующего здания в группе, м^3 . Соответственно, скорректированная величина тарифа, $\text{руб}/\text{м}^2$

$$\bar{c}_i = c_i \cdot k_i, \quad (8)$$

где c_i – тариф на тепловую энергию, $\text{руб}/\text{м}^2$.

Значения частоты смены объемов и поправочного коэффициента

№ п/п	Номер об- щезития	Частота замены объема воздуха f , $1/ч$	Усреднен- ное значе- ние частоты замены объема воз- духа \bar{f}_1 , $1/ч$	Поправочный коэффициент k_j
1.	1	0,102	0,149	1,454
2.	7	0,076	0,061	0,766
3.	8	0,051	0,061	1,126
4.	12	0,195	0,149	0,763

Таким образом, данная методика позволяет определять составляющие фактических тепловых балансов для группы однотипных зданий, в том числе и с инфильтрацией. Последнее может быть использовано для получения поправочного коэффициента для корректировки тарифа для однотипных зданий. Из приведенного примера видно, что величина поправочного коэффициента для однотипных зданий за счет инфильтрации может отличаться до пятидесяти процентов.

Литература

1. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети/ Е. Я. Соколов. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
2. Энергоаудит и нормирование расходов энергоресурсов: сб. методических материалов / под ред. С.К. Сергеева. - Н. Новгород: НГТУ, 1998.
3. Левцев, А. П. Импульсные системы тепло- и водоснабжения: монография / А. П. Левцев, А. Н. Макеев. - Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2015. - 171 с.

*V. Mironov, Y. Ivanyushin, I. Yakimova (B.B. Миронов,
Ю.А. Иванюшин, И.В. Якимова)*

Tyumen Industrial University, Tyumen

**USING THE ENERGY OCEAN WAVES TO PRODUCE FRESH
WATER FROM THE AIR (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ
МОРСКИХ ВОЛН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕСНОЙ ВОДЫ
ИЗ ВОЗДУХА)**

Аннотация

Авторами представлено новое техническое решение по получению пресной воды в приморских регионах планеты, ощущающих недостаток водных ресурсов. Процесс опреснения осуществляется конденсацией воды из сжатого атмосферного морского воздуха. Привод опреснительной установки выполнен в виде поршневого воздушного компрессора, работающего от возобновляемой энергии (морских волновых явлений). Показана перспективность технологии. Приведенные результаты расчётов позволяют говорить о целесообразности и экономической обоснованности применения разрабатываемого способа опреснения.

Запасы пресной воды, пригодной для жизнедеятельности человека, не безграничны – доступно к использованию лишь доли процента от общего объема воды на планете. За прошедшее столетие водопотребление по отношению к приросту населения выросло втрое. Учитывая неравномерность распределения этого ценного ресурса, появился острый дефицит пресной воды во многих регионах мира [1, 2], таких как, государства Ближнего Востока и Африки, Китай и другие. Во многих этих государствах она уже давно стала таким же товаром. В ОАЭ цена на питьевую воду в полтора раза превышает цену на бензин [3]. Имеются прецеденты военных конфликтов и напряженных отношений между странами, связанных с доступом к водным ресурсам.

Ощущая нехватку пресной воды, люди научились получать ее из солёной, морской воды, используя различные технологии опреснения [4], и даже из атмосферного воздуха. Все эти технологии требуют затрат энергии [5], которая вырабатывается, как правило, за счет сжигания углеводородов, запасы которых тоже не безграничны. Кроме того, сжигание углеводородов приводит к загрязнению воздушной окружающей среды и уси-

ливаает «парниковый эффект» [6]. Технологии опреснения на основе нетрадиционной энергетики широкого промышленного применения на сегодняшний день не имеют, однако имеется тенденция к увеличению доли таких технологий в водопользования.

Использование возобновляемой энергии для получения пресной воды, в частности технологий волновой энергетики, позволит избежать вышеуказанных недостатков и снизить себестоимость производства пресной воды питьевого качества. Морской воздух, особенно в странах с жарким климатом, имеет относительную влажность близкую к 100%. Известен эффект повышения температуры точки росы при повышении давления воздуха. С использованием данного эффекта разработан способ получения пресной воды питьевого качества из влажного морского воздуха. Для сжатия влажного морского воздуха с целью повышения температуры точки росы и конденсации влаги используется энергия морских волн.

На рисунке 1 представлена технологическая схема получения пресной воды из морского воздуха.

Способ получения воды из воздуха, включает генераторы энергии сжатого воздуха (1), охлаждение потока сжатого воздуха после генераторов в конденсаторах (2) с осаждением и отбором влаги. Забор атмосферного, влажного воздуха производят в непосредственной близости от поверхности моря, где влажность его максимальна. Генераторы сжатого воздуха выполняют в виде поршневых компрессоров, находящихся под уровнем моря и закрепленных при помощи тросов (3) и анкеров (17) с поверхностью дна моря. Подвижная часть компрессоров соединена с ресиверами воздуха (4), имеющими положительную плавучесть. Нагнетательные линии (5) компрессоров соединяются с конденсаторами воздушной влаги (2). Конденсаторы выполнены в виде трубопроводной спирали, закрепленной на воздушном ресивере.

Генераторы энергии сжатого воздуха приводятся в действие, используя выталкивающую силу воды для возвратно-поступательного движения плавучих ресиверов, соединенных с подвижными органами компрессоров, то есть с использованием энергии морских волн.

Выделение влаги из воздуха происходит за счёт ее осаждения на внутренней поверхности стенок конденсаторов. При этом, чем выше избыточное давление в конденсаторах, тем большая часть влаги выделяется из морского воздуха, так как повышается температура точки росы. Кроме

того, нижняя часть конденсаторов находится под уровнем моря, где температура ниже температуры атмосферного воздуха, что также способствует осаждению влаги из атмосферного морского воздуха на внутренней поверхности подводной части конденсаторов.

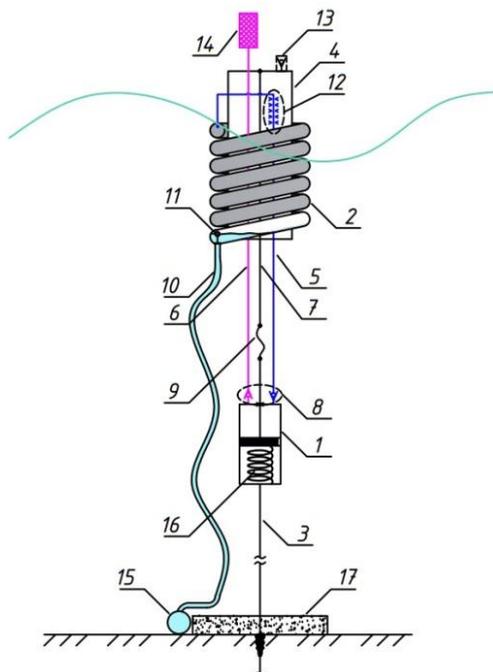


Рис. 1. Технологическая схема получения пресной воды

1 – генератор сжатого газа – воздушный компрессор; 2 – конденсатор; 3 – трос;
 4 – воздушный ресивер; 5 – нагнетательная линия; 6 – всасывающая линия; 7 – штанга;
 8 – обратные всасывающий и нагнетательный клапаны; 9 – подвижное соединение (трос);
 10 – отводящий трубопровод; 11 – поплавковый клапан; 12 – перфорированный участок для сброса осушенного воздуха; 13 – сбросной клапан; 14 – приемник атмосферного воздуха;
 15 – магистральный отводящий трубопровод; 16 – механическая или газовая пружина в составе компрессора; 17 – груз с отрицательной плавучестью.

Осажденную влагу подают по трубопроводам (10) и (15) потребителям, используя энергию в виде избыточного давления воздуха в конденсаторах. Осушенный воздух сбрасывается в ресивер для создания постоянного избыточного давления, то есть поддержания положительной плавучести.

Результаты выполненных расчётов гипотетических примеров показывают, что даже при незначительном волнении морской поверхности, которое наблюдается большую часть года практически во всех уголках Мирового океана, можно получать необходимое количество пресной воды питьевого качества для снабжения водой поселений, находящихся на береговой линии морей.

Одна установка с диаметром поршневого компрессора – 0,2 метра и диаметром цилиндрического воздушного ресивера – 0,6 метра при его заглублении на 2,0 метра под уровень моря и высоте волны 0,5 метра позволяет получать до 40 л/сутки пресной воды. Отметим, что конструкция отличается простотой и легкостью, с минимальным наличием металлических элементов.

Установка отличается низкой себестоимостью – до 100 тыс. руб. Проведённые укрупненные экономические расчёты позволяют судить о целесообразности внедрения технологии, обладающей малым сроком окупаемости (до 4 лет), в промышленных масштабах.

Литература

1. Данилов-Данильян, В.И. Глобальный водный кризис и роль России в его разрешении // Биосфера. – 2009. – Т.1, №1. – С. 106-110.
2. Борисова, Е.А. Особенности водного кризиса в Центральной Азии // История и современность. – 2012. – №1. – С. 138-146.
3. Кирпичникова, И.М. Опреснение воды с использованием энергий ветра и солнца // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2012. - №16 (275). – С. 22-25.
4. Маслова, Л.Ф. Глобальные проблемы и перспективы сохранения питьевых ресурсов // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 3 (19). – С. 180-183.
5. Бабин, А.В. Получение воды из влаги воздуха с применением новых вихревых технологий / А.В. Бабин, К.И. Чижик, Н.В. Белоокая // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 12 (83). – С. 154-156.
6. Тупаева, А.С. Традиционная энергетика и проблемы развития в современных условиях // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т.16, № 6. – С. 269-271.

E. Olkhovik, A. Butsanets (E.O. Ольховик, А.А. Буцанец)

**Admiral Makarov State University of maritime and inland shipping,
St. Petersburg**

**EVALUATION POWER GENERATING UNITS FOR THE NEEDS
OF COASTAL AND MARINE USERS (ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ ДЛЯ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ
ПОТРЕБНОСТЕЙ ПРИБРЕЖНЫХ И МОРСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ)**

Аннотация

В соответствии с энергетической стратегией Российской Федерации до 2020 года требуется обеспечить производство энергии за счет возобновляемых и экологически чистых источников энергии не ниже 4,5% от общего объема генерации. В работе оценена эффективность применения электростанций, вырабатывающих электроэнергию за счёт приливов и отливов. Рассмотрен опыт европейских стран по разработке и внедрению приливных и проточных электростанций. Выделены основные экономические и технические преимущества их использования. Сделан вывод, что при достижении мощности в 10 и более МВт, стоимость электроэнергии не будет превышать среднюю по региону, примерный инвестиционный период до момента окупаемости составит 5÷10 лет и может быть снижен при наличии государственной поддержки.

Необходимость перехода на возобновляемые источники энергии закреплена в энергетической стратегии Российской Федерации[1], которой предусмотрено обеспечить до 2020 года производство энергии за счет возобновляемых и экологически чистых источников энергии на уровне не ниже 4,5% от общего объема генерации. Объем технически доступных ресурсов возобновляемых источников энергии в Российской Федерации составляет не менее 24 млрд. тонн условного топлива, суммарная мощность малых гидроэлектростанций в России составляет порядка 250 МВт (по данным Министерства энергетики РФ на 2014год). Данный показатель хоть и не является существенным по сравнению со странами Европейского союза, но позволит начать гармонизацию энергетики РФ, т.е. совместное использование традиционных и возобновляемых источников, а в перспективе стать залогом достаточной энергобезопасности.

Приливные и проточные электростанции вырабатывают электроэнергию путем использования энергии, источником которой является движение воды, вызванное приливами и отливами. Хорошо известно несколько как российских, так и международных реализованных проектов:

- «Ранс», Франции, 24 энергоблока по 10 мВт, 1967г. постройки.
- Кислогубская ПЭС, Россия, 2 энергоблока 1,5 и 0,2 МВт, 1968г. постройки.
- «Аннаполис», Канада, 20 мВт, 1984 г. постройки.
- «Иянсан», Китай, 3 энергоблока по 1,1 МВт, 1980 г. постройки.
- «Улдолмок», Южная Корея, 1.5 МВт, 2009г. постройки.

Выделим несколько экономических преимуществ, присутствующих при использовании приливных электростанций, которые соответствуют открытому рынку электрогенерации. Существенное преимущество по масштабам и типу конструкции, т.е. приливной энергоблок содержит, по сути, только электрогенератор, остальная конструктивная часть является незначительной. Модульный подход при изготовлении и монтаже энергоблоков также является экономическим преимуществом, поскольку позволяет оптимально максимизировать выходную мощность без привлечения дополнительных материальных ресурсов. Достаточно низкие операционные расходы и затраты на техническое обслуживание обеспечивают значительные экономические преимущества. Все перечисленные выше факторы позволяют сделать вывод, что приливные энергоблоки имеют хорошие исходные шансы напрямую конкурировать с ископаемым топливом.

Длительная или временная экономическая эффективность складывается из следующих факторов :

- Низкая экологическая нагрузка. Использование приливных течений практически не несет экологических последствий;
- хорошо предсказуемый режим приливов, отливов и подводных течений гарантирует стабильную генерацию электроэнергии;
- низкие капитальные затраты (для определенных типов конструкции энергоблоков) и небольшой срок окупаемости проектов;
- низкая стоимость эксплуатации, полная независимость от природного топлива;
- возможность постепенного наращивания мощности с одновременным снижением стоимости за кВт/ч, т.е. длительный цикл инвестиций, независимый от рыночной волатильности.

В настоящее время основным сдерживающим фактором для развития возобновляемой энергетики, в т.ч. приливной является высокая стоимость 1кВт/ч энергии на выходе, сейчас она по нашим оценкам будет превышать аналогичную от традиционных гидроэлектростанций в 4÷6 раз, но опыт европейских стран и наиболее развитой Германии показывает, что уже в перспективе 5÷8 лет стоимость электроэнергии, полученной от приливной или проточной станции может вполне конкурировать с традиционными видами генерации.

Наиболее важной экономической проблемой, с которой сталкивается сектор возобновляемой энергетики, является отсутствие понятного и четкого плана в ожидаемом уровне ее развертывания в течение ближайших нескольких лет. Правительство и частный сектор должны иметь общее понимание о том, как будет развиваться возобновляемая энергетика, а также структуру государственных расходов, субсидий и других преимуществ от этой поддержки. Для инвесторов важно строить свои планы, основываясь на прогнозах реалистичных сценариев, в т.ч. долгосрочных. Если частный бизнес получит гарантированный сигнал о государственной поддержке возобновляемых источников электрогенерации, то эта область получит достаточно средств для собственного развития. Анализ рисков реализованных и новых иностранных проектов по источникам [2-5] для возможного партнерства между федеральными органами управления и частной промышленностью демонстрирует возможности успешного развертывания приливных и проточных источников возобновляемой энергии через несколько критических, с финансовой точки зрения лет, что можно трактовать как переходный процесс из начальной точки в зону демонстрации опытных образцов с большим масштабом.

Количество разработок и опытных эксплуатаций приливных и проточных электростанций растет каждый год, так во Франции разрабатывают 10 станций, в Канаде 15 станций, в США 10 станций, Южной Кореи 10 станций, на севере России проводятся проектные работы по нескольким крупным проектам, на Белом море - Мезенская ПЭС и Кольская ПЭС общей мощностью в сотни мегаватт.

По данным международной организации RenewableWorld общий ресурс волновой энергии оценивается от 60 000 до 110 000 ТВт/год. По самым консервативным экономическим и экологическим прогнозам, приливные энергетические технологии могут быть развернуты уже в бли-

жайшее десятилетие до 1,5% от глобального ресурса, при этом полученные мощности могут заместить не менее 10% от текущего годового потребления электроэнергии, получаемой традиционными методами.

Отметим, что приливная энергетика обеспечивает возможность масштабирования, т.е. как только оптимальные технологические решения подтверждаются на опытном энергоблоке, появляется возможность наращивания мощности за счет добавления массива следующих аналогичных блоков. В случае если применяемая технология не выдает необходимый потенциал для коммерческого использования, возможна замена или изменение технологии генерации для повышения эффективности и улучшения использования энергии приливов. Такой подход, применяемый для солнечной энергетике, позволил повысить эффективность генерации с 15% почти до 30%.

Береговыми потребителями энергии, вырабатываемой за счет предлагаемых энергоблоков, могут стать объекты местной инфраструктуры, жилые поселения, платформы разработки нефтегазовых месторождений, т.е. практически все береговые объекты, для которых подключение к централизованным линиям электропередачи является дорогостоящим и затруднительным.

Экономическую эффективность разрабатываемых энергоблоков можно оценить как вполне перспективную, поскольку в случае достижения мощностей в 10 и более МВт, стоимость вырабатываемой электроэнергии для потребителей не будет превышать среднюю по региону, а сами приливные электростанции будут доходными. Инвестиционный период до момента окупаемости можно оценить в 5÷10 лет, однако он может быть снижен при наличии государственной поддержки.

Литература

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р
2. DeltaStream Demonstrator Project Ramsey Sound, Pembrokeshire // Non-technical summary – October 2009 // <http://www.tidalenergyltd.com>
3. M. Murphy Marine renewable energy – tidal stream // Marine professional - №1, 2013. – Institute of marine engineering, science and technology.
4. Рудь В.Ю., Ольховик Е.О. Международный экологический форум «Экобалтика–2013»: натиск молодежной научной и инновационной мысли //

Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2013. - №3(22) – с.167-170.

N. Osipova, B. Grishin, G. Greisukh, S. Stepanov, E. Ezhov (Н.Н. Осипова 1, Б.М. Гришин 2, Г.И. Грейсукх 2, С.А. Степанов 2, Е.Г. Ежов 2)

¹Saratov State Technical University, Saratov

²Penza State University of architecture and construction, Penza

FORMATION OF THE OPTIMAL STRUCTURE OF THE REGIONAL GAS DISTRIBUTION SYSTEMS SUPPLY CONSUMERS WITH LIQUEFIED PETROLEUM GAS (ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЖИЖЕННЫМ УГЛЕВОДОРОДНЫМ ГАЗОМ)

Аннотация

В статье приводятся результаты исследований по оптимизации параметров региональных газораспределительных систем снабжения сжиженным углеводородным газом на базе газонаполнительных станций. С учетом способов доставки сжиженного газа потребителям (автоцистерны и баллоновозы), технических характеристик транспортных средств и особенностей дорожной инфраструктуры, плотности газопотребления на газоснабжаемой территории, технических характеристик и схемных решений поселковых систем газоснабжения, направления использования сжиженного газа была обоснована целесообразность формирования региональной газораспределительной системы на базе крупных газонаполнительных станций областного масштаба с радиусом действия до 180 км и мощностью реализации до 160 тыс. тонн в год.

Опорным пунктом систем газоснабжения регионального уровня являются газонаполнительные станции (ГНС). Они осуществляют прием сжиженного углеводородного газа (СУГ), поступающего с газонефтеперерабатывающих заводов, его хранение, розлив газа в транспортные емкости и последующую доставку потребителям. В настоящее время в газовых хозяйствах Российской Федерации находятся в эксплуатации более 300 газонаполнительных станций [1, 2]. Как правило, сооружение ГНС осу-

ществляется по типовым проектам, разработанным рядом организаций (Ленгипроинжпроект, Южнииетрогаз, Мосгазниипроект), с годовой производительностью 3, 12, 20 и 40 тыс. т/год с радиусом действия до 100 км [3, 4].

Доставка СУГ с ГНС к потребителям осуществляется автомобильным транспортом (в автоцистернах и баллоновозах). Автомобильные цистерны используются для перевозки больших объемов газа и служат для доставки газа крупным потребителям с последующим сливом в групповые резервуарные установки. Небольшие объемы газа доставляются потребителям непосредственно с ГНС в баллонах. Доставка СУГ потребителям в баллонах непосредственно с ГНС обуславливает высокий уровень транспортных затрат, что увеличивает конечную стоимость СУГ у потребителя.

В то же время, ГНС требует отчуждения значительных по площади земельных участков (несколько гектаров). Использование данных участков требует прокладки коммуникаций инженерной инфраструктуры (электроэнергия, вода, тепло, канализация и т.д.), выполнения большого объема земляных и строительных работ (возведение производственных и вспомогательных зданий и сооружений), а также сооружения железнодорожной ветки и примыкания автодорог станции к автомобильным дорогам населенного пункта. Указанные обстоятельства обуславливают высокую стоимость строительно-монтажных работ, большой объем капиталовложений в сооружение станции и расходов по ее эксплуатации, что также сказывается на повышении себестоимости газа при его реализации.

Эффективная организация снабжения населения сжиженным газом по комплексу: ГНС – потребитель зависит от многочисленных факторов, как то: технологические параметры газонаполнительных станций, способы доставки сжиженного газа потребителям (автоцистерны и баллоновозы), технические характеристики транспортных средств и особенности дорожной инфраструктуры, технические характеристики и схемные решения поселковых систем газоснабжения (снабжение потребителей осуществляется через резервуарные или баллонные установки), направления использования сжиженного газа (пищеприготовление, горячее водоснабжение, отопление, промышленная нагрузка) и др.

Проведенный литературный анализ показывает, что, не смотря на положительные решения ряда научно-технических задач, представленных в [5, 6, 7, 8], проблема оптимального функционирования и развития реги-

ональных систем снабжения сжиженным газом требует дополнительной системной проработки. При этом, на современном этапе развития газораспределительной отрасли Российской Федерации особую актуальность приобретают вопросы оптимальной централизации региональных систем снабжения сжиженным газом и совершенствование структуры его реализации потребителям.

В настоящее время для проведения технико-экономических расчетов систем газоснабжения широко используются методические рекомендации [7]. Однако, как показывает проведенный анализ, удельные показатели для расчета и проектирования систем снабжения СУГ, рекомендованные к использованию, не соответствуют в должной мере современным требованиям газораспределительной отрасли и нуждаются в существенной корректировке.

Современное развитие экономики в большой степени зависит от динамики стоимости энергоресурсов. В этой связи, исчисление эксплуатационных затрат по транспортировке СУГ в баллонах и автоцистернах проводилась с учетом современной динамики цен на энергоресурсы с учетом их индексации в соответствии с рекомендациями [9, 10].

В общем случае, затраты в региональную газораспределительную систему могут быть представлены в виде целевой функции:

$$Z_{\text{ГНС-П}} = Z_{\text{ГНС}}^{\text{P}} + Z_{\text{ат}}^{\text{P}} + Z_{\text{ру}} + Z_{\text{рг}} + Z_{\text{вг}} + Z_{\text{ГНС}}^{\text{б}} + Z_{\text{ат}}^{\text{б}} + Z_{\text{бу}} = \min, \quad (1)$$

где $Z_{\text{ГНС}}^{\text{P}}, Z_{\text{ГНС}}^{\text{б}}$ – затраты по ГНС при реализации газа потребителю через резервуарные и баллонные установки, руб./т;

$Z_{\text{ат}}^{\text{P}}, Z_{\text{ат}}^{\text{б}}$ – затраты в транспортировку газа автотранспортом при его реализации через резервуарные и баллонные установки, руб./т;

$Z_{\text{ру}}, Z_{\text{бу}}$ – затраты в резервуары и в баллоны, устанавливаемые у потребителя, определяемые в соответствии с [11] руб./т;

$Z_{\text{рг}}, Z_{\text{вг}}$ – затраты в распределительные и внутридомовые газопроводы, руб./т;

Так как затраты в бытовые газовые приборы потребителя (газовые плиты, водонагреватели, газовые отопительные котлы) не зависят от технических характеристик региональных систем снабжения СУГ, при проработке целевой функции данные затраты не учитываются в общей структуре затрат.

Реализация экономико-математической модели (1) с учетом рекомендаций [12] позволила определить оптимальный радиус действия газо-

наполнительной станции при формировании региональной газораспределительной системы.

В расчетах использовались следующие исходные данные:

- плотность газопотребления на территории прилегающей к ГНС: $q = 1,0; 2,0, 4,0$ т/(год км²);

- схема снабжения потребителей СУГ: от индивидуальных баллонных установок, от индивидуальных резервуарных установок, от групповых резервуарных установок, от индивидуальных баллонных и резервуарных установок, от индивидуальных баллонных и групповых резервуарных установок;

- характеристика дорожной сети: дороги с асфальтобетонным покрытием – 85% пути, дороги со смешанным типом покрытия (переходный тип покрытия и грунтовые дороги) – 15% пути;

- характер застройки населенного пункта – одноэтажная, усадебная (коттеджная) застройка, 50% с компактной и 50% с разбросанной планировкой;

- доля газа, реализуемая через резервуарные установки: $\beta = 0; 0,5; 1,0$.

Как показали результаты исследований оптимальный радиус действия ГНС r_0^{opt} зависит от плотности газопотребления и способа реализации сжиженного газа. С увеличением плотности газопотребления от 1,0 т/(год км²) до 4,0 т/(год км²) оптимальный радиус действия станции изменяется в пределах от 75-120 км до 113-180 км.

Наличие значительной пологости целевых функций дисконтированных затрат позволяет усреднить величину оптимального радиуса снабжения потребителей СУГ r_0^{opt} , не зависимо от схемы реализации СУГ. Введение расчетного радиуса действия ГНС обуславливает максимальную погрешность по затратам не более 1,74%. Радиус действия газонаполнительной станции позволяет обосновать ее расчетную годовую мощность, которую для диапазона рассматриваемых плотностей газопотребления рекомендуется принимать от 40 до 160 тыс.т/год.

Заключение

Как показывают результаты проведенных исследований, важным резервом повышения экономичности региональных (межпоселковых) систем газоснабжения является организация снабжения потребителей сжиженным газом на базе крупных газонаполнительных станций. Оптимальное функционирование одноступенчатых систем газоснабжения требует

значительного повышения их централизации на базе станций повышенной мощности от 40-160 тыс.т/год с радиусом действия от 75 до 180 км, то есть на базе ГНС областного и межобластного характера.

Литература

1. Анализ рынка сжиженных углеводородных газов в России в 2006-2010 г.г., прогноз на 2011-2015 г.г.: аналит. отчет. – М.: BusinesStat, 2010. – 97 с.
2. Семенов, С. А. Инфраструктура транспортировки СУГ и СПГ / С.А. Семенов // Транспортировка, хранение и перевалка нефти, сжиженных газов и нефтепродуктов: V междунар. конг. – Санкт-Петербург, 2010. – 25 с.
3. Газонаполнительные и газораспределительные станции: под общ. ред. Ю.Д. Земенкова. – Тюмень: Изд-во «Нефтегазовый университет». – 2002. – 335 с.
4. Рубинштейн, С.В. Газонаполнительные станции сжиженных углеводородных газов / С.В. Рубинштейн – Л.:Недра, 1989. – 232 с.
5. Котельников, Н.С. Разработка комплексного метода оптимизации размещения станций газоснабжения сжиженным углеводородным газом / В.Н. Мелькумов, Н.С. Котельников, В.С. Турбин // Вестник ВГТУ – Воронеж, 2002. – С. 65-68.
6. Рачевский, Б.С. Новая эффективная технология распределения сжиженных углеводородных газов / Б.С. Рачевский // АГЗК+АТ. – М.: ООО "Издательство Машиностроение", 2004. – №6 (18). – С.12–14.
7. Рекомендации по проектированию и строительству систем газоснабжения малых и средних городов и населенных пунктов сельской местности. – Саратов: Гипрониигаз, 1985. – 144 с.
8. Стаскевич, Н.Л. Газоснабжение городов / Н.Л. Стаскевич. – Том 1. – Л.: Недра, 1984. – 623 с.
9. Курицын, Б.Н. Удельные технико-экономические показатели поселковых систем газоснабжения на базе сетевого природного и сжиженного углеводородного газов / Б.Н. Курицын, О.Н. Медведева, О.А. Фролова // Перспективы использования сжиженных углеводородных газов: материалы рос. науч.-технич. конф. – Саратов: СГТУ, 2003. – С.81–84.
10. Рулев, А.В. Разработка алгоритма обоснования зон применения конкурирующих вариантов промышленных регазификаторов сжиженного газа в условиях неопределенности конвертирования ценовых факторов

[Текст] / А.В. Рулев, А.П. Усачев // Промышленная энергетика. – 2012. – №10. – С. 26–30.

11. Осипова, Н.Н. Выбор рациональной области применения централизованных и децентрализованных систем снабжения сжиженным углеводородным газом / Н.Н. Осипова // Научно-технический журнал: Строительство и реконструкция. – 2011. – №5(37). – С. 39–45.

12. Осипова, Н.Н. Оптимальная централизация региональных систем снабжения сжиженным газом при реализации СУГ непосредственно от газонаполнительной станции / Н.Н. Осипова // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоснабжения: межвуз. науч. сб. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2007. – С. 62–71.

N. Osipova, B. Grishin, G. Greisukh, S. Stepanov, E. Ezhov (Н.Н. Осипова 1, Б.М. Гришин 2, Г.И. Грейсукх 2, С.А. Степанов 2, Е.Г. Ежов 2)

¹Saratov State Technical University, Saratov

²Penza State University of architecture and construction, Penza

JUSTIFICATION OPERATING CONDITIONS OF GAS SUPPLY SYSTEMS ON THE BASIS OF BALLOON INSTALLATIONS LIQUEFIED PETROLEUM GAS (ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ БАЛЛОННЫХ УСТАНОВОК СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА)

Аннотация

В статье приводятся результаты исследований режимов эксплуатации баллонных установок сжиженного углеводородного газа. Обоснованы условия применения наружных баллонных установок. Определены параметры эксплуатации баллонных установок при внутриквартирном размещении. Рекомендован остаточный уровень заполнения сосуда при использовании газа на нужды пищеприготовления и горячего водоснабжения, позволяющий обеспечить бесперебойное газоснабжение создавая резервный запас газа у потребителей при несвоевременной доставке баллонов по организационным и техническим причинам.

При газоснабжении отдельных домовладений и малоэтажных зданий, мелких коммунально-бытовых и промышленных объектов, а также объектов сельскохозяйственного назначения в настоящее время широко используются портативные и стационарные баллоны емкостью от 1 до 80 литров с избыточным давлением до 1,6 МПа. Наиболее распространены баллоны емкостью 27 и 50 литров. Последние располагаются в помещении, где установлены газовые приборы, или в специальных шкафах снаружи здания.

При проектировании газоснабжения на базе баллонных установок сжиженного углеводородного газа (СУГ), как правило, ориентируются на практические рекомендации: баллон объемом 50 литров гарантирует газоснабжение потребителей до 30 суток, при использовании газа только на цели приготовления пищи, то есть только при работе газовой плиты. При этом считается, что газ из баллона, расходуется потребителем в полном объеме и наличие остаточного уровня газа не предусматривается [1, 2, 3]. Вместе с тем при низком остаточном уровне газа в баллоне естественная испарительная способность последнего не удовлетворяет расчетному газопотреблению. Потребитель в данном случае вынужден довольствоваться меньшим количеством газа, то есть наблюдается частичный отказ системы газоснабжения. В ряде случаев, особенно при низких температурах окружающего воздуха, испарение газа в баллоне вообще прекращается, и потребитель не получает газ в течение определенного времени (полный отказ системы газоснабжения). Однако, системы газоснабжения имеют социальное значение, они определяют уровень бытового комфорта людей и производственного прогресса. Отказ системы газоснабжения приводит к изменению режима труда и отдыха людей, вызывает психологическую и социальную напряженность, что отрицательно воздействует на состояние здоровья человека и может иметь негативные последствия. В этой связи баллонное снабжение потребителей сжиженным углеводородным газом должно осуществляться с учетом требований к устойчивости и безопасности эксплуатации систем газоснабжения.

Для оценки достаточных условий при эксплуатации наружных газобаллонных установок были проведены соответствующие исследования.

В качестве верхнего уровня обеспеченности газопотребления принята эксплуатация баллонной установки в номинальном режиме (при номи-

нальном расходе газа газовой плитой). В качестве нижнего уровня обеспеченности – наличие в сосуде избыточного давления 0,05 МПа при температуре СУГ, равной температуре наружного воздуха (из условия надежной работы регулятора давления). При данных условиях баллонная установка, не гарантирует достаточную паропроизводительность, но обеспечивает подачу некоторого минимального количества газа потребителю, обеспечивая минимальный уровень газопотребления.

При проведении расчетов приняты следующие исходные предпосылки:

- климатическая зона эксплуатации: очень холодная, холодная, умеренно-холодная, умеренно-теплая;

- расчетные температуры наружного воздуха с учетом климатической зоны эксплуатации и коэффициента обеспеченности температурных условий;

- компонентный состав сжиженного углеводородного газа пропан технический и пропан-бутан технический.

Как показывают проведенные исследования в очень холодной, холодной и умеренно-холодной климатических зонах наружные газобаллонные установки в зимнее время не обеспечивают устойчивое газоснабжение даже при минимальном уровне газопотребления. В условиях умеренно-теплой климатической зоны минимальный уровень газопотребления обеспечивается при наличии остаточного уровня газа в размере 44÷68% (в зависимости от компонентного состава СУГ и обеспеченности температуры наружного воздуха), что неприемлемо ни с технической, ни с экономической точек зрения.

Таким образом, область применения наружных газобаллонных установок – газификация объектов временного функционирования (дачные поселки, летние туристические базы, сезонные предприятия сельскохозяйственного производства и др.) при положительных температурах окружающей среды.

Установка баллонов внутри отапливаемых помещений и их эксплуатация при положительных температурах окружающего воздуха (+ 10 °С и выше) обеспечивает минимальное газопотребление при наличии любого остаточного уровня газа. Вместе с тем, работа газобаллонной установки с максимальной обеспеченностью газопотребления требует обоснования необходимого остаточного уровня газа в баллоне.

Естественная регазификация сжиженного газа в баллоне обуславливается наличием двух факторов:

- за счет снижения внутренней энергии системы: жидкость-металл;
- за счет теплопритока из окружающей среды над действием температурного напора: воздух - жидкая фаза СУГ.

В реальных условиях эксплуатации баллонных установок потребление газа носит динамический характер. Суточная динамика газопотребления наблюдается у объектов промышленного, коммунально-бытового назначения и жилых зданий. Она обусловлена сменностью работы предприятий, спецификой использования газового оборудования в течение периода газопотребления.

В общем случае, дифференциальное уравнение теплового баланса баллонной установки имеет следующий вид:

$$k \cdot F_{\text{см}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{ж}}) \cdot d\tau - r \cdot g \cdot d\tau = \pm (c_{\text{ж}} \cdot M_{\text{ж}} + c_{\text{м}} \cdot M_{\text{м}}) \cdot dt_{\text{ж}} \quad (1)$$

где k – коэффициент теплопередачи баллона, Вт/(м² · К); $F_{\text{см}}$ – смоченная поверхность баллона, м²; $t_{\text{в}}$ – температура окружающей среды, °С; $t_{\text{ж}}$ – температура сжиженного газа в емкости, °С; $d\tau$ – дифференциальное приращение времени, ч; r – теплота парообразования сжиженного газа, Вт·ч/кг; g – расчетная паропроизводительность емкости, кг/ч; $c_{\text{м}}, c_{\text{ж}}$ – массовые теплоемкости металлического корпуса баллона и жидкой фазы СУГ, Вт·ч/(кг·К); $M_{\text{м}}, M_{\text{ж}}$ – масса металлического корпуса и жидкой фазы СУГ в баллоне, кг; $dt_{\text{ж}}$ – дифференциальное приращение температуры сжиженного газа, °С.

Суточная динамика потребления газа вызывает соответствующую динамику тепловых режимов эксплуатации баллонных установок. Если величина теплопритока из окружающей среды превышает затраты теплоты на регазификацию СУГ правая часть уравнения принимается со знаком плюс. Избыток теплоты аккумулируется баллонной установкой, повышая внутреннюю энергию системы: жидкость – металл, что вызывает повышение температуры СУГ в емкости.

Если расход теплоты на регазификацию СУГ превышает величину теплопритока правая часть уравнения принимается со знаком минус. Дефицит теплоты для регазификации СУГ возмещается за счет снижения внутренней энергии системы: жидкость – металл. Температура СУГ в баллоне понижается. Наличие суточной динамики газопотребления в сочета-

нии с теплоаккумулирующей способностью баллонных установок вскрывает дополнительные резервы их паропроизводительности.

В целях выявления необходимого остаточного уровня газа в баллоне применительно к режиму работы газобаллонной установки по реальному графику газопотребления жилыми домами были проведены соответствующие исследования с учетом рекомендаций [4, 5].

Как показали проведенные исследования, при работе газовой плиты и остаточном уровне заполнения баллона сжиженным газом $\varphi_{\text{ост}}=24\%$ минимальное давление паров 0,155 МПа (абс) имеет место в вечернее время (19÷20 часов) при минимальной температуре СУГ 11,8 °С. В ночное время вследствие резкого снижения газопотребления температура жидкой фазы повышается и в конце ночного периода эксплуатации практически восстанавливается до температуры окружающей среды. Аналогичная картина наблюдается при работе газовой плиты и проточного водонагревателя. При остаточном уровне заполнения баллона $\varphi_{\text{ост}}=32\%$ минимальное давление паров 0,147 МПа (абс) имеет место в ночное время (22÷24 часа) при минимальной температуре СУГ 10,1 °С. В последующие часы температура газа повышается и практически восстанавливается до температуры окружающей среды.

При эксплуатации баллонных систем снабжения сжиженным газом важное значение имеет своевременная замена баллонов у потребителя работниками газовой службы. Как показывают расчеты при использовании в качестве источника газоснабжения баллона емкостью 50 литров запас газа обуславливает работу газовой плиты с максимальной обеспеченностью газопотребления в течение 22 суток, а плиты и проточного водонагревателя в течение 12 суток.

Рекомендуемый остаточный уровень газа в баллоне в размере 24% (32%) создает резервный запас газа у потребителя на случай несвоевременной доставки баллонов по погодным, дорожным и другим причинам организационного и технического характера. Указанный запас газа обеспечивает работу газовой плиты в течение 8 суток, а плиты и водонагревателя в течение 7 суток, что соответствует нормативным требованиям по проектированию газораспределительных систем. При этом газобаллонная установка хотя и не гарантирует необходимую часовую паропроизводительность, все же покрывает суточную потребность в газе, то есть обеспечивает минимальный уровень газопотребления.

Литература

1. Курицын, Б.Н. Системы снабжения сжиженным газом / Б.Н. Курицын. – Саратов: СГТУ, 1988. – 196 с.
2. Клименко, А.П. Сжиженные углеводородные газы / А.П. Клименко. – М.: Гостехиздат, 1962. – 429 с.
3. Стаскевич, Н.Л. Справочник по сжиженным углеводородным газам / Н.Л. Стаскевич, Д.Я. Вигдорчик. – Л.: Недра, 1986. – 543 с.
4. Иванова, Е.В. Децентрализованные системы снабжения сжиженным газом на базе индивидуальных газобаллонных установок / Е.В. Иванова // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения: сб. науч.тр. – Саратов: СГТУ, 2005. – С. 167–174.
5. Осипова, Н. Н. Моделирование теплообмена при хранении сжиженного газа в подземных резервуарных установках под воздействием естественных температур грунта и наружного воздуха / Б.Н. Курицын, Н.Н. Осипова, С.А. Максимов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. Строительство и архитектура. – 2012. – Вып.2 (26). – С. 35 – 46.

N. Osipova, B. Grishin, V. Salmin, O. Tarakanov, Yu. Rodionov
(*Н.Н. Осипова 1, Б.М. Гришин 2, В.В. Салмин 2, О.В. Тараканов 2,*
Ю.В. Родионов 2)

¹Saratov State Technical University, Saratov

²Penza State University of architecture and construction, Penza

**JUSTIFICATION OF THE GAS SUPPLY SYSTEM ON THE BASIS
OF TANK INSTALLATIONS WITH NATURAL REGASIFICATION
OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS TO PREVENT THE FORMATION
OF CRYSTALLINE HYDRATES IN PRESSURE REGULATORS
(ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ
РЕЗЕРВУАРНЫХ УСТАНОВОК С ЕСТЕСТВЕННОЙ
РЕГАЗИФИКАЦИЕЙ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА
С ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕМ ОБРАЗОВАНИЯ
КРИСТАЛЛОГИДРАТОВ В РЕГУЛЯТОРАХ ДАВЛЕНИЯ)**

Аннотация

В статье проведено обоснование системы газоснабжения обеспечивающей предупреждение образования кристаллогидратов в регуляторах давления при эксплуатации резервуарных установок с естественной регазификацией сжиженного углеводородного газа. Рассмотрены процессы теплообмена элементов схемы газоснабжения с окружающей средой и определены температурные режимы их эксплуатации. Сформированы предпосылки для определения оптимальной толщины тепловой изоляции элементов системы газоснабжения, позволяющей обеспечить сохранение перегрева паровой фазы сжиженного углеводородного газа до регулятора давления и исключить возможность образования гидратов.

Результаты исследований, представленные в [1, 2], свидетельствуют о том, что работа системы газоснабжения «подземный резервуар - газорегуляторная установка» без кристаллизации влаги обеспечивается при любом, в том числе и минимально возможном, перегреве паровой фазы сжиженного газа, что создает объективные предпосылки к безгидратной эксплуатации применительно к резервуарным установкам с естественной регазификацией сжиженного углеводородного газа.

Принципиальная схема рекомендуемой системы газоснабжения, реализующей принципы безгидратного функционирования приводится на рис.1.

Схема работает следующим образом. Паровая фаза СУГ отбирается из подземного резервуара 1 с помощью трубопровода паровой фазы 2 и подается в грунтовой теплообменник 4, выполненный из стальной трубы, проложенной по контуру котлована резервуарной установки. Для защиты от коррозии трубопровод изолируется полимерной пленкой толщиной 2 мм. Для отключения грунтового теплообменника при проведении ремонтных работ используется вентиль 3, располагаемый в резервуарной головке 9. В грунтовой теплообменнике паровая фаза СУГ перегревается, используя естественную теплоту грунтового массива. Перегретые пары по восходящему участку грунтового теплообменника поступают в шкафной газорегуляторный пункт 5. Редуцирующий узел шкафного газорегуляторного пункта комплектуется на базе газового оборудования типового газорегуляторного пункта ГРПШ-6, в который встроены предохранительный сбросной и запорный клапаны, а также фильтр. Пройдя узел редуцирования, паровая фаза СУГ поступает в трубопровод потребителя 7. Для уменьшения теплопотерь, а, следовательно, для предотвращения охлаждения перегретого газа, восходящий участок грунтового теплообменника, а также шкаф для узла редуцирования покрывается теплоизолирующим материалом 8.

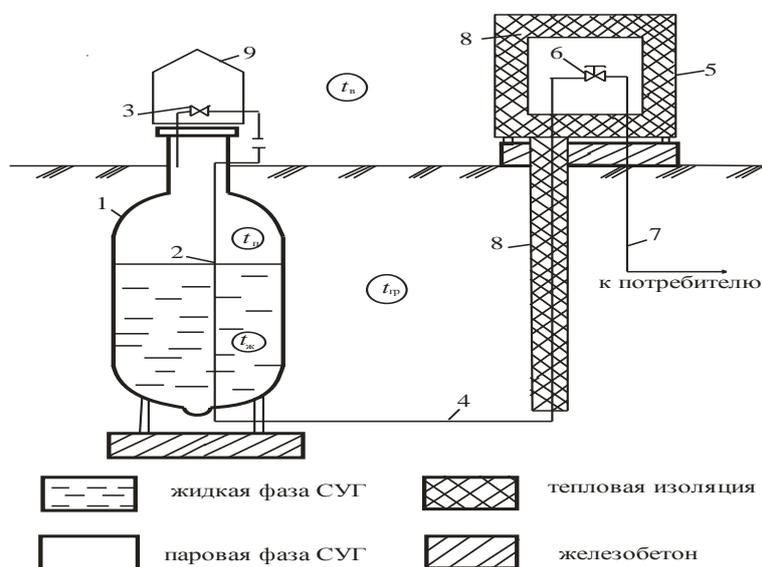


Рис. 1. Принципиальная схема системы газоснабжения от подземной резервуарной установки с перегревом паров в трубчатом грунтовой теплообменнике: 1 – подземный резервуар; 2 – трубопровод паровой фазы СУГ; 3 – вентиль; 4 – трубчатый грунтовой теплообменник; 5 – шкафной газорегуляторный пункт; 6 – регулятор давления; 7 – газопровод низкого давления; 8 – тепловая изоляция; 9 – резервуарная головка.

Для обоснования оптимальной толщины изоляционного слоя, были проведены исследования процессов теплообмена между грунтом и паровой фазой сжиженного газа в элементах предлагаемой схемы: подземном резервуаре, грунтовом теплообменнике, восходящем участке теплообменника и шкафном газорегуляторном пункте.

Математическое моделирование процесса теплового взаимодействия резервуара сжиженного углеводородного газа с грунтом, представлено в публикациях [3, 4, 5]. Теоретическое решение указанной задачи позволило определить температуру сжиженного газа в расчетных точках на поверхности резервуара. В целях проверки достоверности полученных теоретических результатов, был проведен их сопоставительный с результатами экспериментальных исследований, который показал их хорошую сходимость. Расхождение результатов не превышает 12%.

Исследование теплообмена паропровода сжиженного газа с грунтом проводилось с расчленением сложной теплотехнической задачи на четыре взаимосвязанные подзадачи в соответствии с представленной схемой резервуарной установки рис. 1:

- теплообмен на пароперегревательном участке подземного трубопровода;
- теплообмен на восходящем участке трубопровода;
- теплообмен в шкафном газорегуляторном пункте.

Для решения задач использовался конечно-разностный метод. Исходные предпосылки и алгоритмы решения подробно представлены в публикациях [4, 6]. В целях численной реализации предложенных математических моделей были проведены соответствующие расчеты. Результаты соответствующих расчетов показали, что прокладка грунтового теплообменника по контуру котлована резервуарной установки обеспечивает перегрев паровой фазы СУГ с $-8,63^{\circ}\text{C}$ до $+0,52^{\circ}\text{C}$ или на $9,15^{\circ}\text{C}$. Максимально возможный перегрев паров составляет $10,66^{\circ}\text{C}$. Дальнейшее увеличение степени перегрева требует существенного увеличения размеров котлована и длины пароперегревательного участка, что, в свою очередь, увеличивает капитальные вложения в сооружение резервуарной установки и экономически неоправданно.

Исследование процессов теплообмена между грунтом и паровой фазой сжиженного газа в элементах предлагаемой схемы: подземном резервуаре, грунтовом теплообменнике, восходящем участке теплообменника и

шкафном газорегуляторном пункте позволило обосновать перегрев паровой фазы сжиженного углеводородного газа и сформулировать необходимые предпосылки для выбора необходимой толщины изоляционного слоя восходящего участка грунтового теплообменника и шкафного газорегуляторного пункта.

В качестве целевой функции задачи принимались капитальные вложения в сооружение теплоизолированных элементов паропровода СУГ по комплексу: восходящий участок грунтового теплообменника – шкафной газорегуляторный пункт:

$$K = K_{\text{ву}} + K_{\text{шгрп}} = \min . \quad (1)$$

Анализ элементов выражения (1) показал, что целевая функция задачи может быть выражена в виде функционала:

$$K = f(\delta_{\text{ву,из}}; \delta_{\text{шгрп,из}}) = \min . \quad (2)$$

Управляющие параметры целевой функции связаны между собой ограничением следующего вида:

$$\Delta t_{\text{п,ву}} = f(\delta_{\text{ву,из}}) ; \quad (3)$$

$$\Delta t_{\text{п,шгрп}} = f(\delta_{\text{шгрп,из}}) , \quad (4)$$

где $\Delta t_{\text{п,ву}}; \Delta t_{\text{п,шгрп}}$ – перепад температур паровой фазы СУГ на восходящем участке грунтового теплообменника и в шкафном газорегуляторном пункте, °С; $\delta_{\text{ву,из}}$ – толщина тепловой изоляции на восходящем участке грунтового теплообменника, м; $\delta_{\text{шгрп,из}}$ – толщина тепловой изоляции газорегуляторного шкафа, м.

Целевая функция задачи (2) и ограничения (3-4) формируют экономико-математическую модель оптимизации толщин тепловой изоляции элементов системы газоснабжения. Для нахождения минимума целевой функции использовался метод вариантных расчетов.

Как показывают проведенные исследования минимум капитальных вложений в тепловую изоляцию рассматриваемых участков системы взаимосвязи от климатической зоны эксплуатации обуславливает толщина изоляционного покрытия:

- восходящего участка грунтового теплообменника 0,063 -0,074 м;
- шкафного газорегуляторного пункта 0,082 -0,099 м.

Заключение

При формировании систем газоснабжения на базе резервуарных установок с естественной регазификацией сжиженного углеводородного газа для предупреждения образования кристаллогидратов в регуляторах давления рекомендуется покрывать восходящий участок грунтового теплообменника и шкафной газорегуляторный пункт эффективной тепловой изоляцией, обеспечивающей сохранение перегрева паровой фазы сжиженного углеводородного газа, полученного в результате теплообменных процессов в подземном резервуаре и в грунтовом пароперегревателе.

Литература

1. Никитин Н.И. Анализ процессов дросселирования паров сжиженного газа в регуляторе давления / Н.И. Никитин, Е.В. Крылов // Использование газа в народном хозяйстве: сб. научн. тр. – Саратов: Изд-во Коммунист, 1974. – Вып.11.– С. 331-337.

2. Максимов, С.А. Предупреждение гидратообразования в резервуарных установках с естественной регазификацией сжиженного газа / С.А. Максимов // Научная дискуссия: инновации в современном мире: материалы IX междунар. научн.-практ. конф. – М.: Изд-во Международный центр науки и образования, 2013. – С. 177-180.

3. Кузнецов, С.С. Исследование теплообмена в подземных резервуарах сжиженного газа / Б.Н. Курицын, С.С. Кузнецов // Ресурсоэнергетически эффективные технологии в строительном комплексе региона: сб. научн. тр по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции. – Саратов: СГТУ, 2012. – С. 213–215.

4. Осипова, Н. Н. Математическое моделирование температурных режимов эксплуатации подземных резервуаров сжиженного газа с вертикальным размещением в грунте / Б.Н. Курицын, Н.Н. Осипова, С.А. Максимов // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоснабжения: межвуз. науч. сб.. – Саратов, 2010. – С. 160 – 163.

5. Шамин, О.Б. Паропроизводительность подземных резервуарных установок сжиженного газа с вертикальным размещением резервуаров / О.Б. Шамин // Совершенствование архитектурных решений, строительных конструкций, технологий и организации строительства: межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 1997. – С.185–189.

6. Курицын, Б.Н. Исследование теплообмена при хранении и регазификации сжиженного углеводородного газа в подземных резервуарных

установках / Б.Н. Курицын, Н.Н. Осипова, А.П. Усачев и др.// Вестник гражданских инженеров. – СПбГАСУ, 2011. – 3(28) – С. 82–87.

A. Shtym, A. Karyagin (А.С. Штым, А.В. Карягин)

FEFU, Vladivostok

**SOLAR ENERGY FOR HOT WATER IN THE CAMPUS
OF THE FAR EASTERN FEDERAL UNIVERSITY RUSSIAN ISLAND
(СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
В КАМПУСЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА ОСТРОВА РУССКИЙ)**

Аннотация

Представлен опыт использования альтернативных источников энергии, для получения горячего водоснабжения за счёт энергии солнца на одном из объектов Дальневосточного федерального университета в кампусе на о. Русский. Приведены данные мониторинга работы установки за 2015 год. Проведён анализ основных недостатков применения энергии солнца в качестве возобновляемого источника энергии. По результатам мониторинга практическим путём определено среднее количество выработки тепловой энергии с 1м² эффективной площади абсорбции солнечных коллекторов в сутки. Приведены данные анализа выявляющие основной недостаток применения солнечной энергии в качестве альтернативного источника энергии.

Энергия рассматривается в качестве основного источника для будущего и играет ключевую роль в социально - экономическом развитии, повышении качества и уровня жизни. Потребность в энергии имеет решающее значение для достижения практически всех целей развития общества. Для обеспечения комфортного уровня жизни энергия во всех ее формах будет требоваться всегда: энергия для школ или клиник, для здравоохранения, образования, санитарии, приготовления пищи или кипячения воды. Для обеспечения потребностей общества развитие возобновляемых источников энергии со временем будет только расти. На данный момент несмотря на всю привлекательность возобновляемой энергетики, ускоренное развитие её применения не наблюдается, причиной тому являются ос-

новные недостатки возобновляемой энергетики. Помимо дороговизны технологий и оборудования существенными сдерживающими факторами развития возобновляемой энергетики являются, прежде всего, малая плотность потока энергии, что вынуждает предварительно концентрировать энергетические потоки с больших площадей и создавать громоздкие сооружения для их взаимных превращений, а также природные явления, интенсивность которых подвержена сильным колебаниям в зависимости от сезона, погоды и времени суток. В результате усложняются системы преобразования энергии, повышается их стоимость.

В ДВФУ в декабре 2014 года была внедрена в работу Лабораторная солнечная водонагревательная установка (СВНУ). Генерирующее оборудование установки включает в себя: 90 солнечных коллекторов производительностью 0,15 Гкал/час тепловой энергии и 176 фотоэлектрических солнечных панелей производительностью 22 кВт электрической энергии.

С начала ввода в эксплуатацию установки проводится непрерывный мониторинг выработки электрической и тепловой энергии, а также технических параметров работы установки.

В 2015 году установкой было выработано 156 438 кВт*ч (563 176,8 МДж) тепловой энергии, что показало среднюю суточную выработку тепловой энергии с 1 м² эффективной площади абсорбции коллекторов 2,26 кВт/м². Данное значение можно использовать для определения необходимого количества площади солнечных коллекторов при проектировании подобных установок. Максимальная производительность установки в 2015 году была зафиксирована 5 августа. В этот день установка выработала 1195 кВт*ч, что на 1 м² эффективной площади абсорбции составило 5,5 кВт/м² в день.

Годовой анализ собранных данных позволяет сделать практические выводы о влиянии сезонных и суточных колебаний солнечной активности на производство тепловой энергии установкой. Ниже представлены сезонные и суточные графики производства тепловой энергии СВНУ в 2015 году.

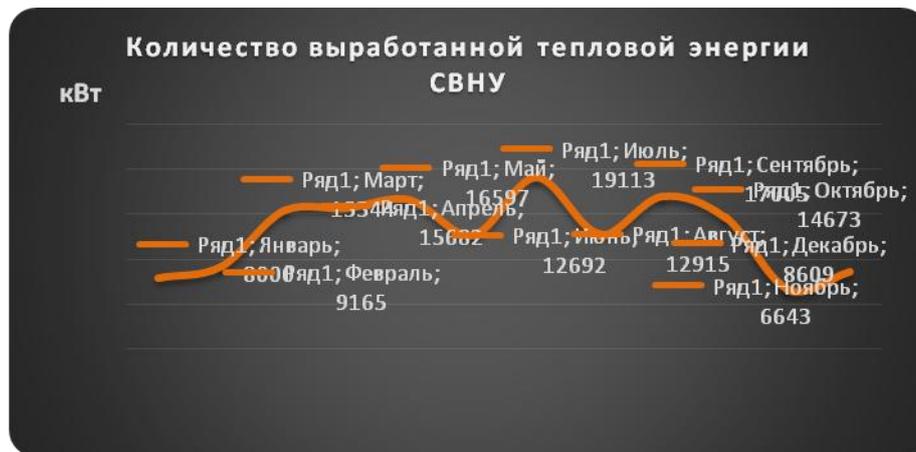


Рис. 1. Сезонные годовые данные о выработке тепловой энергии с января по декабрь 2015г.

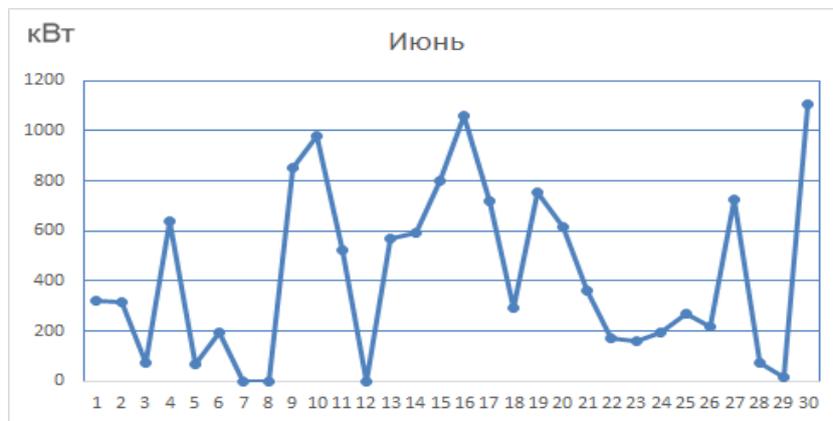


Рис. 2. Посуточная выработка тепловой энергии СВНУ в июне 2015 года

На рисунках 1 и 2 видно влияние сезонных колебаний на производство тепловой энергии, связанного с изменением солнечной активности, которая из-за наличия облачности не может быть постоянной на протяжении всего времени.

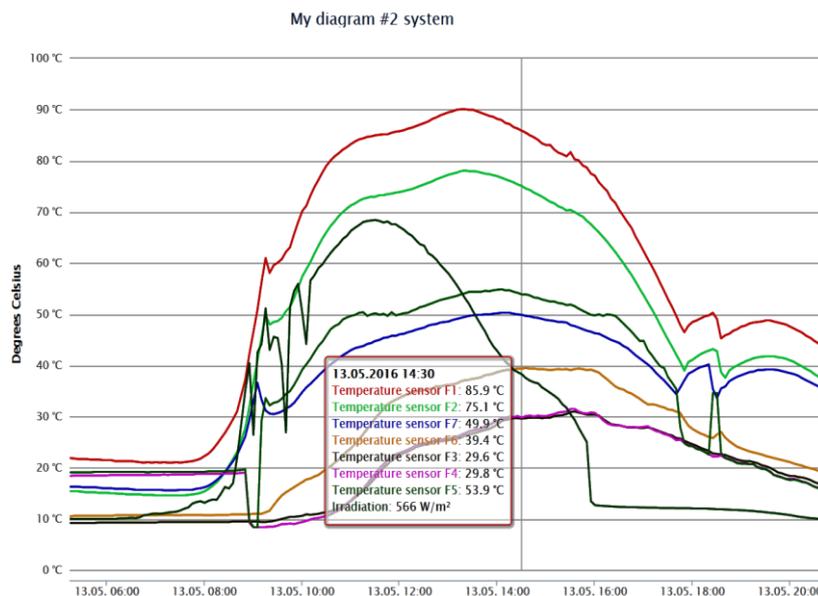


Рис. 3. Данные о работе СВНУ в яркий солнечный день

На графике рисунка №3 видно, что производство тепловой энергии (Temperature sensor F6) начинается с 9:00 утра и достигает своего пика в 14:30, после происходит снижение производства тепловой энергии из-за снижения солнечной активности.

Следующим сдерживающим фактором, который необходимо учитывать при применении возобновляемых источников энергии является не равномерность потребления энергии конечным потребителем. Ниже на рисунке 4 представлен среднесуточный график потребления горячей воды в гостиничном корпусе №8.1.

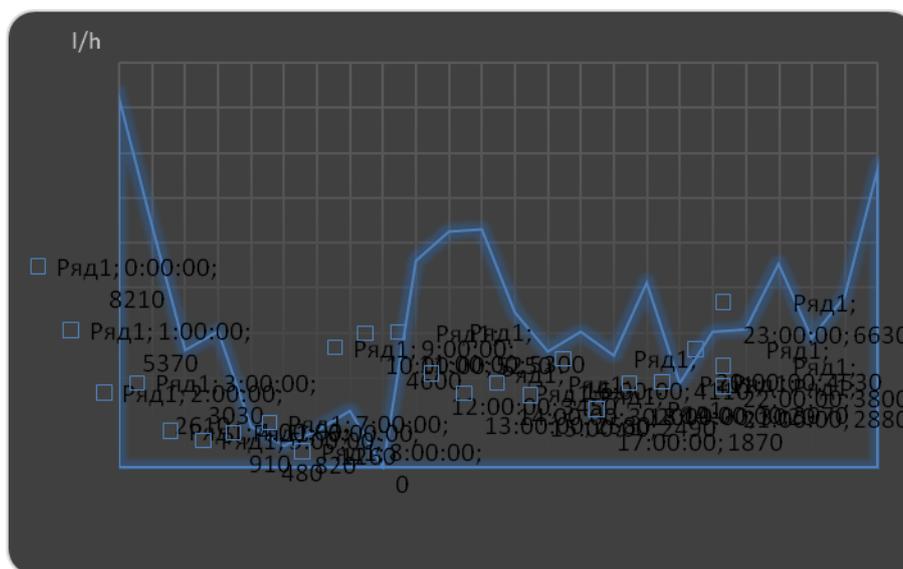


Рис. 4. Среднесуточное потребление горячей воды в гостиничном корпусе №8.1

На графике видны суточные колебания потребления горячей воды и двойной рост в ночное время, как раз в то время, в которое солнечная активность полностью отсутствует. Потребление энергии при отсутствии генерирующего источника требует создание устройств хранения энергии, что в свою очередь усложняет и удорожает технологии.

В данный момент производительность СВНУ не может на 100% обеспечить потребности гостиничного корпуса в горячей воде. В яркий солнечный день установка обеспечивает до 25% потребления горячей воды в гостиничном корпусе, при учёте сезонных и суточных колебаний за 2015 год установка обеспечила лишь 8% потребности в горячей воды. В ДВФУ постоянно проводятся работы по повышению эффективности работы установки. Одним из решений было изменение схемы подключения циркуляционного контура горячего водоснабжения к системе СВНУ. Изменили нагрев в теплообменниках СВНУ обратной циркуляционной

воды с подпиткой от холодной воды, на нагрев только подпитки холодной воды. Данная схема позволила увеличить теплосъём с солнечных коллекторов и снизить возможность случаев перегрева пропиленгликоля в контуре солнечных коллекторов.

Выводы

Рост спроса на возобновляемые источники энергии увеличит тенденцию к снижению стоимости технологий возобновляемых источников энергии и увеличению числа технических решений, позволяющих решить основные проблемы применения возобновляемых источников энергии. Анализ о работе СВНУ на примере работы установки ДВФУ позволит более качественно подходить к проектированию и выбору схем подключения подобных установок.

Литература

1 Ильин А.К., Ковалев О.П. Нетрадиционная энергетика в Приморском крае: ресурсы и технические возможности. Дальневосточная российская академия наук, Владивосток, с. 40, 1994.

2 Гричковская Н.В., Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Оценка потенциала солнечной энергии для разработки энергоэффективных зданий в условиях муссонного климата, Владивосток, с. 143, 170-172, 2008.

3 Благородов В.Н. Проблемы и перспективы использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии, Россия. Журнал Энергетик № 10, с. 16-18, 1999.

*K. Shtym, T. Solovyova, A. Lesnih (К.А. Штым,, Т.А. Соловьёва,
А.В. Лесных)*

FEFU, Vladivostok

**THE RESEARCH WORK OF UNISOTERMIC SWIRLING FLOW
(ИССЛЕДОВАНИЯ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ЗАКРУЧЕННОГО
ПОТОКА)**

Аннотация

Приведена схема экспериментальной установки для исследования процессов формирования закрученных неизотермических потоков. Описана методология проведения научных исследований на действующем котельном оборудовании Владивостокской ТЭЦ1. Представлены геометрические характеристики циклонно-вихревых предтопок, расположенных на боковых экранах водогрейного котла КВГМ-100-150 МЦ и описан их принцип работы.

Представлены значения основных параметров закрученного неизотермического потока при нагрузке ЦВП на 45 % от номинальной производительности.

Введение

Кафедрой ТЭиТТ ДВФУ проводятся исследования влияния способов подвода топлива на аэродинамику и эффективность смесеобразования на теплоисточнике Владивостокская ТЭЦ1 (ВТЭЦ1) в циклонно-вихревых предтопках (ЦВП) мощностью до 64 МВт.

Как показывает многолетняя практика внедрения и эксплуатации котлов с ЦВП способы организации подвода газообразного топлива позволяют не только интенсифицировать режим работы, но и значительно улучшить экологические характеристики котла. В настоящее время водогрейные котлы типа КВГМ-100-150 МЦ представлены на двух теплоисточниках Владивостока в циклонном варианте, в количестве 8-ми единиц. Коэффициент полезного действия отдельных котлов составляет 94,03-96,1 % [2]. Технико-экономические и экологические показатели работы котлов существенно зависят от конструктивных особенностей предтопок и качества их изготовления.

Перед сотрудниками кафедры стоят научные задачи, решение которых позволит детально исследовать процессы формирования закрученно-

го потока при изменении режимных характеристик работы ЦВП. По результатам исследований сотрудниками будут разработаны мероприятия и рекомендации, которые позволят усовершенствовать конструкцию ЦВП и повысить ТЭП и экологические показатели работы котла в целом.

Методология

Проведение исследований по определению параметров закрученного неизотермического потока осуществлялось на одном из двух ЦВП водогрейного котла КВГМ-100 ст.№5 ВТЭЦ1. Схематично вид ЦВП с экспериментальными сечениями представлен на рис. 1. Замеры производились в двух сечениях. Первое сечение на расстоянии $X=900$ мм ($X/D=900/1800=0,5$) от торца камеры сгорания ЦВП, второе на расстоянии $X=1250$ мм ($X/D=1250/1800=0,69$) от торца. В каждом сечении производились замеры показателей в 32 точках. Вид экспериментального ЦВП котла, оснащенного измерительным оборудованием, представлен на рис. 2.

Для исследований использовался водоохлаждаемый зонд. Три канала зонда предназначены для измерения пневмометрическим методом статического и динамического напоров потока, четвертый канал для замеров температуры потока, пятый для определения состава газов. Измерения температуры закрученного потока производилось отсосным пирометром, предварительно калиброванным на стенде в условиях горения газообразного топлива, с целью определения расходов газов через канал термопары. Для анализа состава газов (O_2 , CO , CO_2 , NO_x , SO_x) закрученного потока использовались несколько типов электрохимических газоанализаторов с различными пределами концентраций измерений.

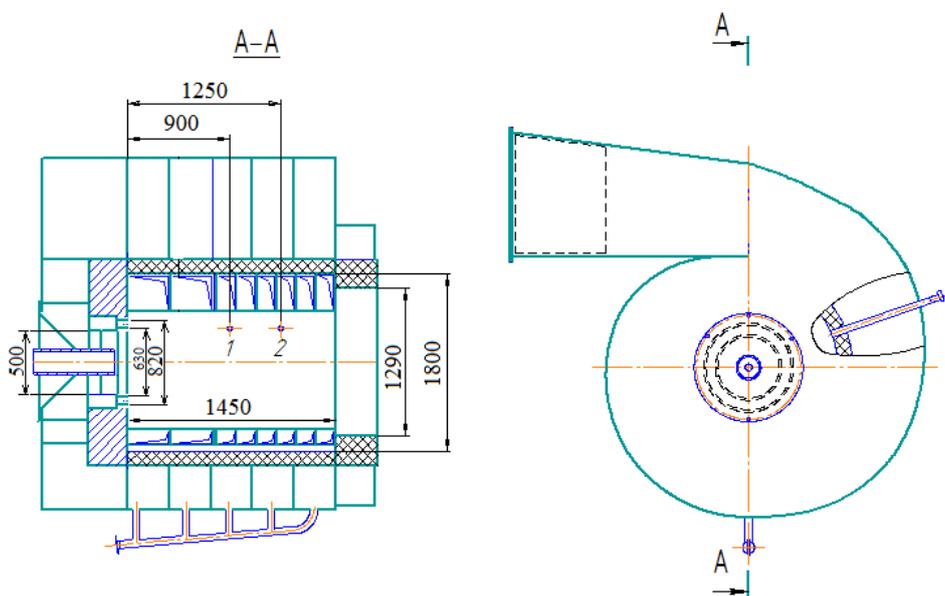


Рис.1. ЦВП с экспериментальными сечениями

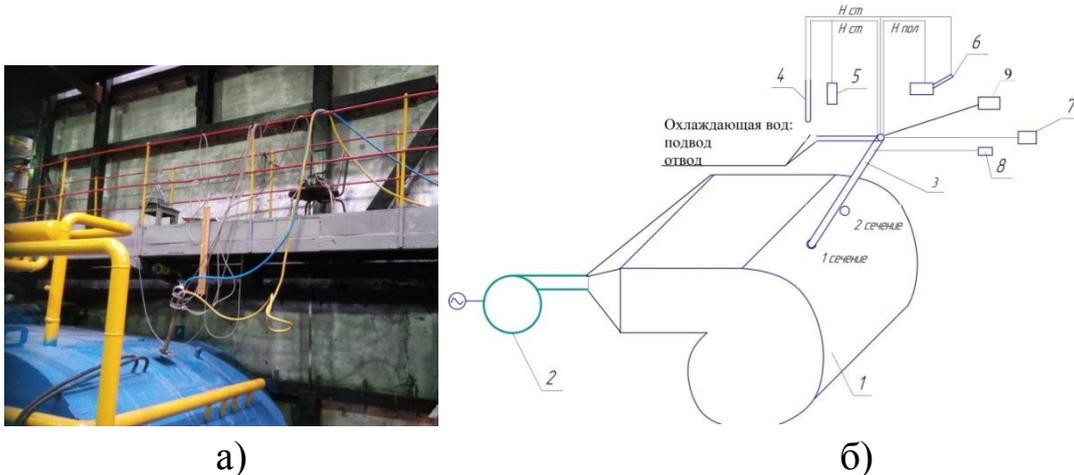


Рис. 2. Экспериментальный ЦВП: а) общий вид экспериментального ЦВП, б) принципиальная схема исследований

1 – ЦВП; 2 – вентилятор дутьевой; 3 – аэродинамический зонд; 4 – U-образный манометр; 5 – цифровой дифференциальный манометр ДМЦ; 5 – бочковой манометр ММН; 7 – преобразователь термоэлектрический ТХА и измеритель двухканальный 2ТРМОА; 8 – газоанализатор КГА-8М; 9 – компрессор – пробоотборник.

Результаты

Исследования проводились при температурах окружающего воздуха 8 – 10°C. Мощность каждого ЦВП 64 МВт. Исследования производились при работе ЦВП на нагрузке 29 МВт, что соответствует 45 % номинальной производительности ЦВП.

Длина камеры сгорания ЦВП $L=1450$ мм, диаметр $D=1800$ мм ($R=900$ мм), см. рис.1. Замеры производились в двух сечениях. Геометрические характеристики исследуемого ЦВП:

- радиус камеры сгорания $R=900$ мм ($\bar{r}=R/R=1$);
- радиус пережима $R_{\Pi} = 645$ мм ($R_{\Pi}/R=645/900=0,717$);
- радиус первых сопел торцевого ввода газа $R_{C1}=400$ мм ($\bar{r}_{C1} = R_{\Pi}/R=410/900=0,456$);
- радиус вторых сопел торцевого ввода газа $R_{C2}=315$ мм ($\bar{r}_{C2} = R_{\Pi}/R=315/900=0,35$);
- радиус лопаток завихрителя и осевого ввода газа $R_3=250$ мм ($R_{\Pi}/R=250/900=0,278$).

Газ в камеру сгорания ЦВП подводится тангенциально, аксиально и через сопла в переднем торце. Распределение газа по камере сгорания ЦВП при исследованиях осуществлялось как при основном режиме работы ЦВП, а именно:

- аксиально и через торцевые сопла - 25 % от общего расхода газа на ЦВП ($875 \text{ м}^3/\text{ч}$);

- тангенциально – 75 % от общего расхода газа на ЦВП ($2\ 625 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Воздух на горение в ЦВП подводится тангенциально $\approx 75\%$ от общего расхода воздуха и аксиально $\approx 25\%$ от общего расхода воздуха на ЦВП с закруткой в завихрителе.

Тангенциальный подвод газа в ЦВП со скоростью $V=75 \text{ м/с}$ позволяет эффективно смешиваться с тангенциально вводимым воздухом скорость потока которого $V=15 \text{ м/с}$. Аксиально вводимые газ со скоростью $V=50 \text{ м/с}$ и воздух со скоростью $V=27 \text{ м/с}$ с закруткой в завихрителе создают область устойчивого горения. Вводимый тангенциально воздух сталкиваясь с закрученным в завихрителе топливно-воздушным потоком создает область обратных приторцевых токов, где закрученный газ и воздух так же смешивается с газом вводимым через торцевые сопла со скоростью 48 м/с .

По результатам экспериментов получены значения основных параметров закрученного неизотермического потока, а именно:

- максимальное значение тангенциальной скорости потока $W_\phi=29 \text{ м/с}$, которое наблюдаются в выходной области ЦВП – в области пережима ();

- минимальное значение тангенциальной скорости потока $W_\phi=0 \text{ м/с}$ фиксируется в осевой области предтопка. Снижение тангенциальной скорости до нуля указывает на отсутствие вихря и наличия стока в центральной области ЦВП.

- подтверждение наличия стока из камеры ЦВП в топку котла отражают значения осевой скорости W_x . Максимальные значения W_x от 7 до 38 м/с зафиксированы в диапазоне от 0 до 600 м ($\bar{r} = 0 - 0,667$.) В пристенной области ЦВП, где воздушный поток в камеру сгорания ЦВП входит тангенциально, осевая составляющая вектора полной скорости составляет 4-20 м/с, что обусловлено влиянием движения (стока) закрученного потока в топку котла через пережим ЦВП.

- полная энергия $H_{\text{пол}}$ движущегося потока с учетом влияния сил трения, процессов смешения газа и воздуха с разными скоростями, процессов горения газа изменяется от пристенной до осевой области от 450 Па до 43 Па в первом сечении и от 560 Па до 100 Па во втором сечении. Изменение полного напора при аксиальной и торцевой подаче газа в первом сечении изменялось от 630 до -60 Па, а во втором сечении от 600 до -177 Па.

- диапазон температур потока в камере сгорания ЦВП составляет 93 – 1412 °С.

Литература

1. Штым А.Н., Штым К.А., Дорогов Е.Ю. Котельные установки с циклонными предтопками. Владивосток: Издат. дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. - 421 с.

2. Штым К.А., Соловьёва Т.А. Модернизация котлов КВГМ-100-150 на циклонно-вихревое сжигание газа/ Теплоэнергетика, 2015 №3. – С. 48-53.

*D. Uglanov, S. Zaika, S. Dostovalova (Д. А. Угланов, С.В. Заика,
С. С. Достовалова)*

Samara Aerospace University, Samara

**THE POSSIBILITY OF USING LOW-GRADE HEAT OF A
CRYOGENIC PRODUCT FOR OBTAINING MORE ENERGY (ВОЗ-
МОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО
ТЕПЛА КРИОПРОДУКТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬ-
НОЙ ЭНЕРГИИ)**

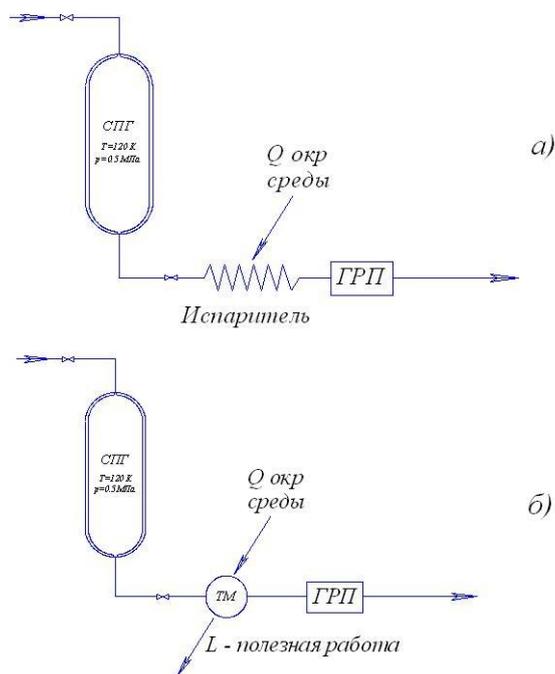
Аннотация

Статья описывает создание энергетической установки, позволяющей реализовать низкотемпературный потенциал сжиженного природного газа (СПГ). Целью исследования является анализ возможности использования различных устройств и теплоотрицательных машин в составе установки для регазификации СПГ и определение наиболее оптимальных из них. В ходе работы были рассмотрены термодинамические аспекты использования теплоотрицательной энергии в составе комплексов СПГ, определены основные параметры анализируемых энергоустановок, использующих низкопотенциальное тепло криопродукта для получения дополнительной энергии.

В настоящее время широко используются криогенные жидкости (например, сжиженный природный газ (СПГ)) в различных системах аэрокосмической техники, транспорта, а также в энергетических комплексах различного назначения. На одном из этапов использования сжиженных газов производится их газификация за счет тепла окружающей среды или специально подводимого тепла. Необходимо отметить, что на получение сжиженного газа затрачивается достаточно большое количество энергии (например, на 1 кг СПГ затрачивается около 1 кВт·ч электроэнергии).

Анализ последующего применения сжиженного природного газа, показывает, что в случае его подачи в газораспределительный пункт и далее по магистралям к потребителям как правило, осуществляется процесс регазификации в подогреваемом испарителе обычно атмосферного типа (рис. 1). При этом считается, что использование тепла окружающей среды является не энергозатратным процессом. Однако, как указывалось выше, при этом не учитывается тот факт, что для ожижения СПГ ранее была за-

трачена энергия, которая затем в видоизмененном состоянии сбрасывается в окружающую среду.



а – стандартная система газификации СПГ

б – включение в схему теплоотрицательного энергопроизводящего преобразователя

Рис. 1. Схема установки для регазификации СПГ

Для начала необходимо рассмотреть термодинамические аспекты использования теплоотрицательной энергии в составе комплексов СПГ. Выходящий из криогенного резервуара СПГ имеет температуру $T_2=120-150\text{ K}$, а температура окружающей среды $T_1 = 250-300\text{ K}$. Таким образом, два различных температурных уровня позволяют создать энергетическую машину. Если оценивать КПД такой системы по циклу Карно (рисунок 2.3), то в летнее время:

$$\eta_{\text{к}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{150}{300} = 0,50.$$

В зимнее время при температуре окружающей среды $T_1 = -20^\circ\text{C} = 253\text{ K}$ КПД теплоотрицательной машины (ТМ) составит меньшую величину:

$$\eta_{\text{к}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{150}{253} = 0,41.$$

Очевидно, что для реальной теплоотрицательной машины эффективный КПД будет ниже, чем у цикла Карно (например, $\eta_e=0,2 \dots 0,3$).

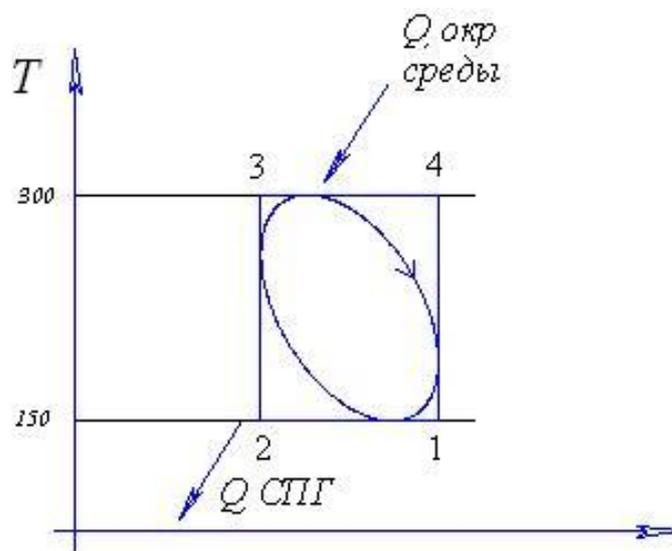


Рис. 2. Термодинамический цикл ТМ

Если рассчитывать на производительность комплекса по использованию СПГ с его регазификацией равной $G = 1000 \text{ кг/ч}$ и принять теплоту парообразования метана $r = 510 \text{ кДж/кг}$, (при температуре $T_2 = 150 \text{ K}$) то количество тепла в единицу времени, снимаемого с цикла теплоотрицательного энергопроизводящего устройства, составит:

$$Q_2 = G \times r = 510000 \text{ кДж/ч} = 142 \text{ кВт}.$$

Используя соотношение для определения эффективного КПД, можно оценить мощность N , которую возможно получить в теплоотрицательной энергетической машине:

$$\eta_e = \frac{N}{Q_1} = \frac{(Q_1 - Q_2)}{Q_1} = 0,2.$$

Выполнив вычисления, получаем, что при всех представленных выше параметрах, мощность такой установки даже при принятом эффективном КПД в 20% составит величину $N = 28 \text{ кВт}$.

На сегодняшний день существуют возможность реализации низкотемпературного потенциала СПГ посредством приведенных ниже энергоустановок.

1) Комплекс СПГ с установленной турбиной с испарителем.

С помощью турбины можно получить работу, а затем преобразовать в электрическую энергию. При расходе СПГ $G = 1000 \text{ кг/ч}$ можно получить мощность работы расширения около 10 кВт. При этом можно установить криогенный насос небольшой мощности (около 500 Вт) перед испарителем для компенсации гидравлических потерь.

2) Комплекс СПГ с использованием двигателя Стирлинга.

Использование в составе комплекса СПГ двигателя Стирлинга также дает возможность реализации теплоотрицательной потенциала сжиженного природного газа. Учитывая, что КПД двигателя Стирлинга достигает 50 %, то при расходе СПГ $G= 1000 \text{ кг/ч}$ можно получить мощность работы такой тепловой компенсации потерь давления при прохождении СПГ по гидравлическому тракту комплекса, составит величину около 500 Вт .

3) Комплекс СПГ с использованием термоэлектрических генераторных модулей.

Мощность, вырабатываемая такими генераторами, составляет от единиц милливольт до киловатт и определяется в конечном итоге экономической целесообразностью выбора этого способа преобразования энергии.

В предлагаемом комплексе предлагается установить элементы Пельтье на поверхность испарителя таким образом, чтобы холодный спай соприкасался с поверхностью ИП, а горячий - контактировал с окружающей средой. При расходе СПГ $G= 1000 \text{ кг/ч}$ и заданном КПД мощность теплового потока Q_h составит величину около 32 кВт . Получаемая полезная электрическая мощность $P = 4,2 \text{ кВт}$, а количество модулей мощностью 80 Вт составит величину около 52 шт.

Проведенные расчеты показывают перспективность исследования в данной области развития энергетических установок, а также показывают большой энергосберегательный потенциал сжиженного природного газа, который необходимо использовать за счет использования теплоотрицательных машин и устройств.

Литература

1 Бармин, И. В. Сжиженный природный газ вчера, сегодня, завтра [Текст]/ И. В. Бармин, И. Д. Кунис; под ред. А.М. Архарова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.– 256с.

2 Довгялло, А.И. Оценка возможности применения теплоотрицательной энергетики в комплексах сжиженного природного газа [Текст] / А.И. Довгялло, Д.В. Сармин, Д.А. Угланов, А.А. Шиманов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева, 2013.–№3 (41).– С. 93 – 97.

3 Сармин, Д.В. Сравнение массовых характеристик баллонов с криогенной заправкой и высокого давления для дроссельной системы охлаждения [Текст] / Д.В. Сармин, А.И. Довгялло, Д.А. Угланов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева, 2013.–№3 (41).– С. 172 – 175.

M. Upsky, S. Mokrin, V. Upsky (M.B. Упский, С.Н. Мокрин, В.А. Упский)

FEFU, Vladivostok

STUDY OF MULTIPLE-HOLE CENTRIFUGAL ATOMIZERS (ИССЛЕДОВАНИЯ МНОГОСОПЛОВЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФОРСУНОК)

Аннотация

Рассмотрены задачи исследований многосопловых центробежных форсунок различных конструкций. Рассмотрены результаты стендовых исследований многосопловых центробежных форсунок и применения метода высокоскоростной видеосъемки с целью определения параметров факела центробежной форсунки.

В основу эффективной работы таких устройств как жидкотопливные горелки, скрубера, циклонные предтопки, заложена организация оптимального распыла жидкости согласованного с аэродинамикой закрученного потока газа или воздуха. Необходимо отметить, что эффективность процесса смешения должна сохраняться в широком диапазоне нагрузок. Одним их основных узлов для распыливания жидкости являются форсунки различных модификаций. Исследования различных типов форсунок, проводимые на кафедре "Теплоэнергетики и теплотехники", показали высокую эффективность эксплуатации центробежных многосопловых форсунок, факел которых является результатом сложения расположенных особым образом в пространстве и имеющих свои характерные характеристики единичных факелов [1, 2, 3, 4].

С целью решения инженерной задачи по созданию алгоритма расчета оптимальной многосопловой форсунки были проведены исследования для нахождения связи расходных характеристик форсунок с их основными геометрическими параметрами (диаметр шнека, диаметр сопла, количество заходов шнека и др.) (рис.1), определены диаграммы плотности орошения по сечениям факела жидкости при различных давлениях, углах расположения сопел, их количестве, а так же получен дисперсный состав жидкостного факела при различных условиях.

Так как рассматриваемые процессы, зависят от большого количества факторов, то необходимо проведение большого количества детальных исследований на стендах и промышленных образцах. При этом огромное

значение имеет визуализация процесса с масштабированием основных параметров капель жидкости, изучение этапов эволюции односопловых и многосопловых факелов во взаимодействии с воздушным потоком. В настоящее время большое распространение в мире при исследовании динамических процессов приобретает высокоскоростная видеосъемка [5]. В лаборатории кафедры в кампусе ДВФУ проводятся исследования эффективности распыла форсунок. В состав стенда входят расходная емкость, насос, манометр, расходомер, осветительные приборы (рис.2), диск-каплеуловитель, устройство формирования закрученного потока воздуха. Основным элементом стенда является сверхпроизводительная высокоскоростная камера Fastcam SA-Z с максимальной частотой до 480000 кадров в секунду. Для проведения исследований в паре с камерой применялся объектив Nikon AF-S 50 mm f/1.4G. При текущих условиях эксплуатации стенда съемка проводилась с частотой 20000 кадров в секунду и разрешением 1024x1024, что позволяло записывать 2 секунды непрерывного изображения.

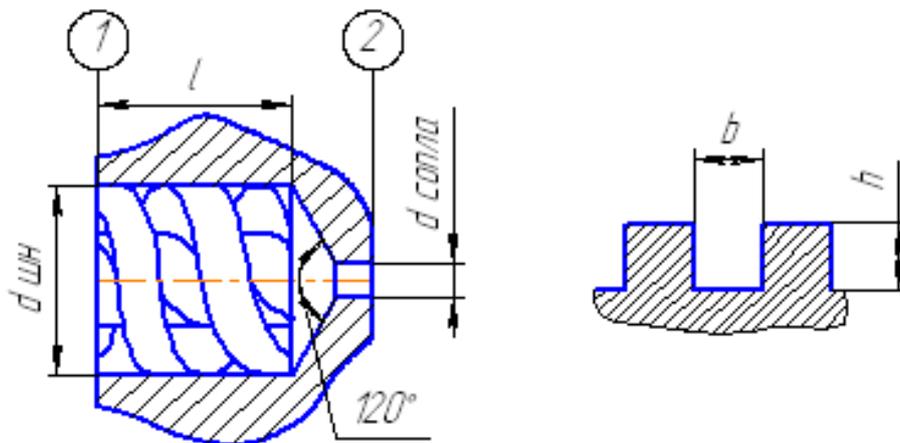


Рис.1. Шнек-завихритель многосопловой форсунки

Основные опыты проводились с центробежными форсунками. Результаты показали, что в данных условиях можно получить качественное изображения развития факела форсунки (рис.3)

Использование разработанного стенда позволило уточнить результаты экспериментов с применением метода голографического исследования путем нанесения координатной сетки на полученные изображения. Детализация дисперсного состава факела форсунки при исследовании форсу-

нок с разными геометрическими характеристиками шнеков, позволяет повысить надежность и эффективность сжигания жидкого топлива на котлах с циклонно-вихревыми предтопками.



Рис.2. Стенд для проведения видеосъемки

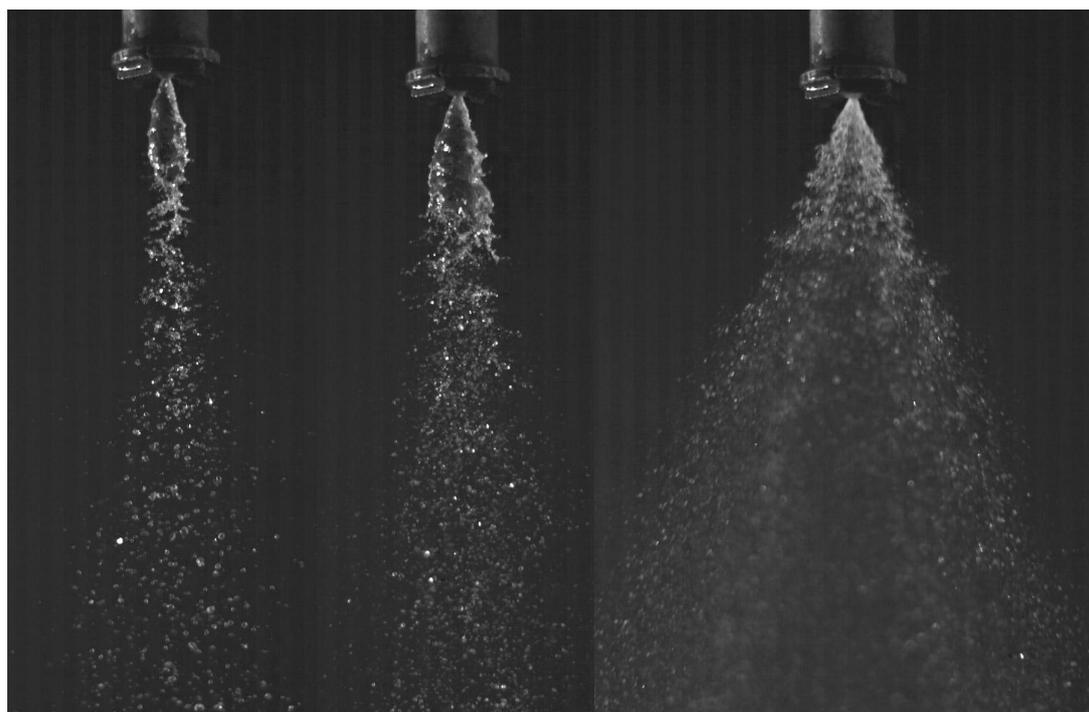


Рис.3. Различные стадии развития факела

Литература

1. Штым А.Н., Пинькевич В.В. Исследование циклонного предтопка с комбинированным вводом воздуха при сжигании мазута. – В кн. Теплоэнергетика. Труды ДВПИ, т. 90. Владивосток, 1974.
2. Штым А.Н., Штым К.А. Модернизация паровых и водогрейных котлов с установкой циклонных предтопков для сжигания мазута и газа. Энергетик №10, 2010, с. 25-28.
3. Штым А.Н., Штым К.А., Дорогов Е.Ю. Котельные установки с циклонными предтопками//Владивосток. Издат. дом Дальневост. федерал.ун-т. 2012. 421 с.
4. Упский В.А., Упский М.В., Штым К.А. Исследование и внедрение многосопловых центробежных форсунок. Сб. С.111-112.
5. Kodai Kato, Soichiro Suzuki, Taku Kudo, Soichiro Kato, Masahiro Uchida, Akihiro Hayakawa, Hideaki Kobayashi. Effects of Cross-flow on Liquid Sheet Break-up and Droplet Diameters of Two-dimensional Air-blast Atomizer in High Pressure Environment. Twelfth International Conference of Flow Dynamics. October 27-29, 2015, Sendai, Miyagi, Japan.

*T. Zilina, K. Afonin, A. Zagorskaya (Т.С. Жилина, К.В. Афонин,
А.А. Загорская)*

Tyumen Industrial University, Tyumen

**RECYCLING RESIDENTIAL AREAS IN ORDER TO OBTAIN
SECONDARY ENERGY AND MATERIAL RESOURCES
(ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
И МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ)**

Аннотация

Рассмотрена возможность снижения нагрузки на полигоны твердых бытовых отходов в реальных условиях города Тюмени. Исследованы качественные и количественные характеристики ингредиентного состава биогаза, определены его физико-химические свойства при генерации его в децентрализованных условиях. Произведен расчет удельного выхода биогаза и времени полного разложения отходов при совместном сбраживании

твердых бытовых отходов и отбросов бытовых сточных вод. Установлено, что объемов образующегося метана достаточно для компенсации коммунальных нужд многоквартирных домов. Снижение антропогенной нагрузки на полигоны твердых бытовых отходов возможно при внедрении утилизации и использования биогаза по месту образования отходов, что создает основу для развития производств, использующих вторичные энергетические ресурсы на базе дешевого сырья.

По данным Регионального кадастра отходов Тюменской области в области на протяжении последних лет наблюдается устойчивый рост образования отходов. Динамика образования отходов производства и потребления представлена на рисунке 1.

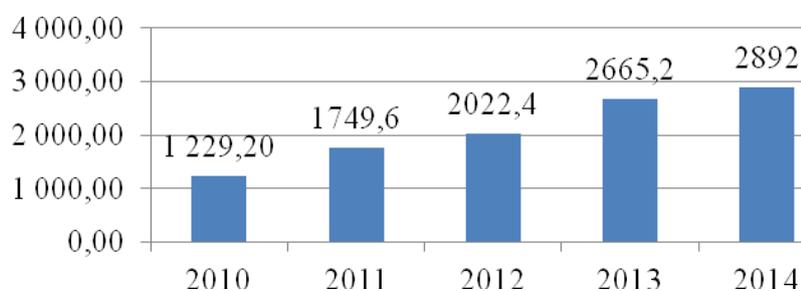


Рис.1. Общее количество твердых промышленных и бытовых отходов, образующихся на территории Тюменской области, в тоннах в год

Плановое увеличение количества образующихся отходов в Тюменской области ожидается в размере не более 10% ежегодно, но на практике составляет 18-20% ежегодно. Около 47,7%, в среднем 1378,3 тысяч тонн в год размещается на полигонах твердых коммунальных отходов или свалках[1]. Распределение отходов по объектам размещения представлено на рисунке 2.



Рис.2. Территории, занимаемые объектами размещения отходов, в %

Общая площадь земель, занятых полигонами и свалками в регионе составляет около 3880 гектаров.

Учитывая динамику образования отходов производства и потребления, количество отходов, а, следовательно, и территории, отводимые для их размещения, будут только увеличиваться.

Не стоит забывать, что полигоны твердых бытовых отходов представляют собой интенсивный источник загрязнения окружающей среды [2].

Кроме того, твердые бытовые отходы имеют огромное ресурсное значение. По данным администраций муниципальных районов и городских округов, сортировка с целью извлечения вторичных материальных ресурсов из твердых коммунальных отходов не осуществляется. По различным оценкам они содержат в себе от 70% до 80% вторичного сырья (бумага, древесина, пластик, металл и т.д.) [1].

В задачу исследования входило: определение удельного выхода биогаза и его характеристик при совместном сбраживании отходов, накапливающихся в многоквартирных домах и отбросов, извлекаемых из бытовых сточных вод.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования были выбраны твердые бытовые отходы, образующиеся на селитебной территории города Тюмени и отбросы бытовых сточных вод. Состав твердых бытовых отходов (ТБО) определен согласно [2]. Среднее количество отходов, рассчитано на основе норм накопления твердых бытовых отходов от населения, утвержденных органами местного самоуправления [3].

Норма образования отбросов определена в соответствии с [4] и для многоквартирных домов составляет от 1,5 до 25 л/сут на одного жителя. Состав отбросов, сточных вод, зависит от степени благоустройства и условий эксплуатации сетей водоотведения. Соотношение перерабатываемой и не перерабатываемой части в них составляет 74,1% и 25,9% соответственно.

В пользу использования отбросов бытовых стоков для генерации метана говорит и соотношение образующихся отбросов и ТБО в 1 многоквартирном доме (рисунок 3).

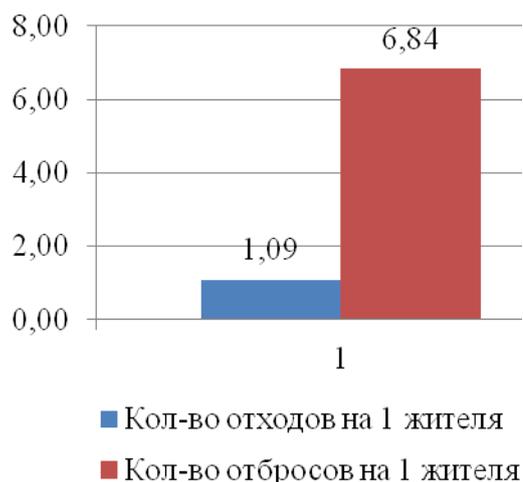


Рис.3. Удельное образование коммунальных отходов на 1 жителя в тоннах в год

В качестве методики определения качественного и количественного состава биогаза была выбрана [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно исследованию, период полного сбраживания смешанного субстрата составляет приблизительно 546 суток или 1,497 лет. Удельный выход метана в период постоянной генерации – 88,1 кг/т. Количество метана на 1 жителя, образующегося за год в результате совместного сбраживания ТКО многоквартирных домов, приведено в таблице 1.

Таблица 1

Удельное количество метана, в период постоянной генерации

Количество отходов, т/год на 1 жителя	Количество отбросов, т/год на 1 жителя	Удельный выход метана, кг/т	Объемный расход метана, м ³ /сут на 1 жителя	Объемный расход метана м ³ /год на 1 жителя
1,1	6,8	88,1	1,5	559,4

Качественный и количественный анализ сгенерированного метана показал наличие в нем водорода и сероводорода (не более 1% от общего объема).

Продуцируемый в результате сбраживания углекислый газ можно использовать в сельском хозяйстве для ускорения роста растений. Образующийся как отход от сбраживания гумусообразный продукт может служить для восстановления техногенно загрязненных территорий, для рекультивации земель и в качестве грунта для посадки растений.

Заключение

Совместная утилизация коммунальных отходов многоквартирных домов по месту образования позволяет:

1. Улучшить гидравлические режимы и условия эксплуатации сетей водоотведения
2. Снизить нагрузку на полигоны твердых бытовых отходов.
3. Генерировать продукты, пригодные для использования в народном хозяйстве, в качестве топлива, катализатора роста растений или грунта.

Литература

1. Доклад об экологической ситуации в тюменской области в 2014 году - Правительство Тюменской области, Тюмень – 2015
2. Афонин К.В., Жилина Т.С., Загорская А.А. Расчет выбросов на полигонах твердых бытовых отходов. Фундаментальные исследования, №11 – 2014, 987-990 с.
3. Методические указания по расчету количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов. – М, 1995.
4. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.

*V. Zhukov, I. Slesarenko, L. Glushak, I. Slesarenko (В.А. Жуков,
И.Б. Слесаренко, Л.В. Глушак, И.В. Слесаренко)*

FEFU, Vladivostok

TECHNICAL PARAMETERS OF AUTOMATED HEAT STORAGEES FOR URBAN HEAT SUPPL (ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО ТЕПЛОВОГО АККУМУЛЯТОРА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ОТБОРОМ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ)

Аннотация

В работе рассмотрен один из способов аккумулирования тепловой нагрузки на базе использования теплового аккумулятора с плавящимся теплоаккумулирующим материалом. Отбор тепловой энергии от аккумулятора осуществляется с помощью управляемой тепловой трубы. Отпуск тепловой энергии потребителю может производиться по графику с одновременной архивацией и индикацией количества запасенной тепловой

энергии. Предлагаемый способ позволяет повысить эффективность эксплуатации альтернативных источников энергии.

Одним из способов повышения эффективности теплогенерирующей установки являются технологии применения теплоаккумулирующих материалов (ТАМ) по аккумулированию и утилизации теплоты в часы “пиковой” тепловой нагрузки. В настоящее время известно большое многообразие видов и конструкций тепловых аккумуляторов, которые имеют различные технические и конструктивные решения:

- жидкостные аккумуляторы тепла;
- термохимические аккумуляторы;
- тепловые аккумуляторы с электронагревательным элементом;
- тепловые аккумуляторы с твердым ТАМ;
- тепловые аккумуляторы с плавящимся ТАМ.

Конструктивно тепловые аккумуляторы реализуются с подвижными и неподвижными элементами ТАМ. Использование неподвижных элементов упрощает конструкцию, но требует большой массы ТАМ. Температура теплоносителя на выходе аккумуляторов такой конструкции изменяется с течением времени, что требует дополнительного устройства поддержания постоянных параметров. Свойство авторегулирования позволяет обеспечивать работоспособность теплопередающего устройства при изменении в достаточно широких пределах различного рода внешних условий [1].

Использование подвижных элементов предполагает применение тепловых аккумуляторов в виде вращающегося регенератора (тепловое колесо) или шнековый. По конструкции такие аккумуляторы выполняются в виде вращающегося диска или барабана и изготавливаются из материалов высокой пористости и с высокими значениями теплоемкости. По мере того, как диск (или барабан) медленно вращается, тепло передается ему нагретой средой (горячий воздух). При дальнейшем вращении диска (или барабана) он отдает свое тепло более холодному поступающему воздуху. Данный аккумулятор обладает высоким КПД теплопередачи (до 80%). Тепловое колесо рекомендуется использовать для обогрева помещений, утилизации тепла технологических процессов при низких и средних температурах окружающей среды.

При использовании теплоты плавления некоторых веществ для аккумулирования теплоты, обеспечивается высокая плотность запасаемой

энергии, небольшие перепады температур на выходе из теплового аккумулятора. Недостатком таких ТАМ является, то что они в расплавленном состоянии обладают повышенной коррозией, изменяют объем при плавлении и относительно дороги.

При небольших рабочих температурах (до 120⁰С), что характерно для теплогенерирующей установки СВНУ (до 95⁰С) рекомендуется применение кристаллогидратов неорганических солей.

Самым дорогостоящим элементом в конструкции теплового аккумулятора является теплообменная поверхность. Основным недостатком большинства плавящихся ТАМ является низкий коэффициент теплопроводности. Известно, что лучшим вариантом теплообменной поверхности является ее отсутствие, т.е. непосредственный контакт теплоаккумулирующего материала и теплоносителя. Очевидно, что в этом случае необходимо подбирать как теплоаккумулирующие материалы, так и теплоносители по признакам, обеспечивающим работоспособность конструкций.

Предлагаемая технология отбора тепловой энергии, накопленной в тепловом аккумуляторе, позволяет осуществлять регулируемый отпуск тепла потребителю [2]. Функциональная схема теплового аккумулятора представлена (рис.1). Повышение эффективности теплогенерирующей установки происходит за счет регулирования тепловой трубы в зависимости от заданного расхода тепловой энергии принципом автоматического регулирования по отклонению. Расход конденсированного пара (отбор тепла) в тепловой трубе осуществляется источником переменного напряжения.

Управляющее воздействие для источника переменного напряжения б формируется вычислительным устройством, в структуру которого включен программатор отпуска тепловой энергии. Микропроцессор вычислительного устройства измеряет температуру в реперных точках с помощью датчиков 1, измеряющих температуру в зоне теплоаккумулирующего материала (ТАМ). С помощью датчиков температур 1, 2 и расходомеров 3,4 микропроцессор осуществляет измерение запасенной и отданной тепловой энергии потребителю по выражению (1):

$$Q_{ак} = m \cdot C_p \cdot (t_1 - t_2), \quad (1)$$

где m – масса ТАМ, кг;

C_p – удельная теплоемкость ТАМ, Дж/(кг·⁰С);

t_1, t_2 – температуры ТАМ до и после накопления тепловой энергии теплоаккумулятором.

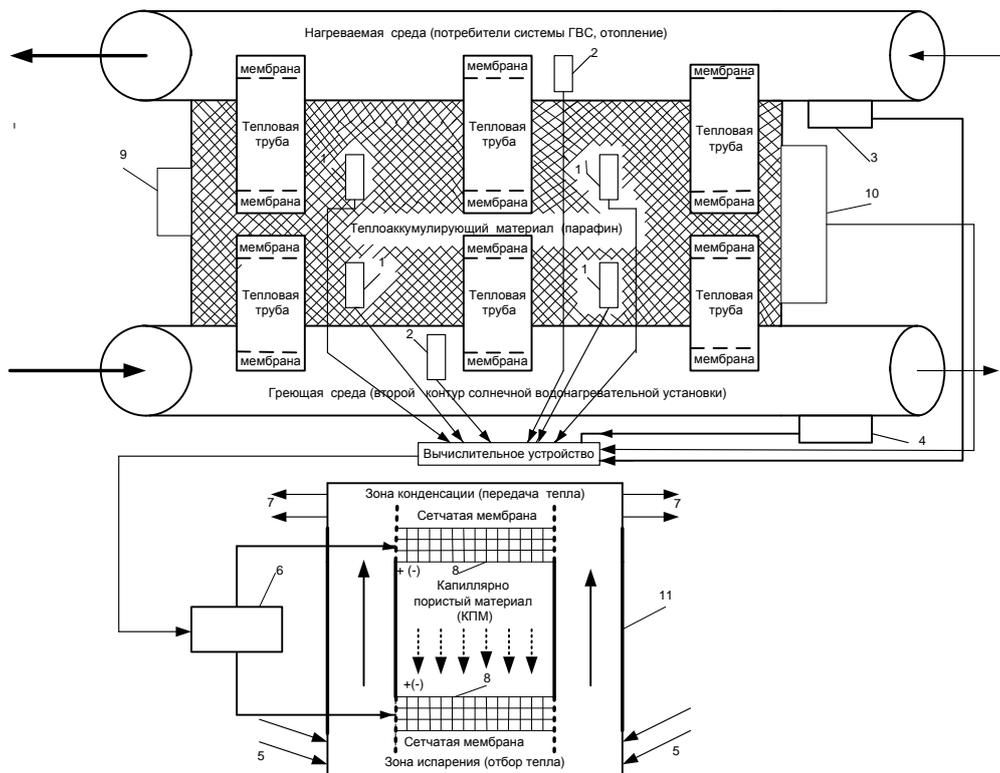


Рис.1. Функциональная схема теплового аккумулятора с регулируемым отбором тепла

Управление отпуском тепла производится посредством подачи электрического напряжения, подаваемого на сетчатые мембраны 8 тепловой трубы, изменением количества паров, проходящих через капиллярно – пористый материал (КПМ). Управляющее знако – переменное электрическое напряжение формируется в устройстве 6 (источник напряжения). В зоне 5 происходит испарение (отбор тепла), в зоне 7 конденсация паров (передача тепла).

Микропроцессоры позволяют выводить информацию на дисплей о количестве запасенной и отданной тепловой энергии, а также осуществлять архивацию режимов работы теплового аккумулятора.

Принцип работы управляемой тепловой трубы заключается в воздействии электрического поля, создаваемого системой сетчатых мембран на паровую фазу рабочей жидкости (дистиллированная вода 80%, метиловый спирт 15%,ацетон 5%) в зоне испарения и конденсации. Сетчатая мембрана по конструкции представляет двух электродную систему. В режиме управляемого отбора тепловой энергии на электроде сетчатой мембраны в зоне конденсации устанавливается потенциал электрического поля (+), а в зоне испарения (-). Пары рабочей жидкости пройдя электроды

сетчатой мембраны в зоне испарения заряжаются отрицательно, пройдут в зону конденсации в полном объеме. При обратной полярности в зоне конденсации (-) электрическое поле препятствует прохождению паров рабочей жидкости. Такому регулированию можно провести аналогию режиму работы электронной трехэлектродной лампы.

Ультразвуковое устройство состоящее из источника ультразвука (генератор) 9 и приемника 10 ультразвука вводит коррекцию в микропроцессор вычислительного устройства значение удельной теплоемкости C_p ТАМ, так как в процессе накопления и отдачи тепловой энергии имеет место изменение фазового состояния ТАМ. Кроме коррекции удельной теплоемкости ультразвуковое устройство способствует гомогенности при фазовых преобразованиях ТАМ, что способствует повышению удельной теплоемкости его.

Вычислительное устройство (программатор, микропроцессор) может быть реализовано на приборах Российского производства фирмы "OWEN".

Достоинством схемной реализации является:

- наличие управляемой тепловой трубы для регулирования отбора тепловой энергии от теплоаккумулирующего материала в широких пределах за счет использования электрического поля создаваемого электродной системой сетчатых мембран и источником знакопеременного напряжения;
- управление передачей тепловой энергии потребителям осуществляется с помощью программного устройства с последующей архивацией режимов работы;
- наличие визуального контроля запасенной и отдаваемой тепловой энергии и режимов работы теплового аккумулятора;
- наличие ультразвукового устройства позволяет корректировать вычисления тепловой энергии в зависимости от фазового состояния ТАМ;
- наличие ультразвукового устройства позволяет гомогенизировать структуру ТАМ для повышения теплоемкости его.

Литература

1. Чернышёва М.А. Исследование основных факторов, определяющих теплопереносные характеристики контурной тепловой трубы: Автореф. дис. канд. техн. наук.- Екатеринбург, 2006. – 114 с.
2. Богданович Г.А., Жуков В.А., Слесаренко И.Б. . Тепловой аккумулятор с регулируемым отбором тепла. Патент РФ № 114130 от 10.03.2012

I. Zhurmilova, A. Shtym, Yu. Filchikova (И.А. Журмилова, А.С. Штым, Ю.П. Фильчикова)

FEFU, Vladivostok

**DETERMINATION OF THE GROUND HEAT EXCHANGERS
TEMPERATURE FIELD IN GEOTHERMAL HEAT PUMPS
(ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ГРУНТОВЫХ
ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ
НАСОСОВ)**

Аннотация

Для тепло- и холодоснабжения зданий и сооружений применяют геотермальные тепловые насосы, использующие низкопотенциальную энергию грунта посредством грунтовых теплообменников. Представлено математическое моделирование процессов теплообмена, построены температурные поля, которые необходимы для определения грунтового массива, обеспечивающего достаточный приток низкопотенциальной энергии, исключая обмерзание грунта вокруг труб в грунтовых теплообменниках и гарантирующий надежную работу геотермальных тепловых насосов.

Геотермальные тепловые насосы используют низкопотенциальную энергию грунта для тепло- и холодоснабжения зданий и сооружений, важным элементом которых является система сбора низкопотенциальной энергии грунта, представляющая грунтовый теплообменник. Анализ конструкций грунтовых теплообменников, а также практическая реализация этих систем с последующим мониторингом в процессе эксплуатации, показали, что приоритетным преимуществом обладают вертикальные грунтовые теплообменники.

Моделирование задач, связанных с нахождением температурного поля, осуществляется на основе решения дифференциального уравнения теплопроводности.

$$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \right) + Q_w(x, y, z, \tau, T) \quad (1)$$

где $T=T(x, y, z, \tau)$ – температура, °С; $c\rho$ – объемная теплоемкость, Дж/(К·м³); λ – теплопроводность, Вт/(м·К); t – время, с; $Q_w(x, y, z, \tau, T)$ – удельная производительность внутренних источников теплоты, Вт/ м³.

Для возможности создать замкнутую математическую модель предлагается произвести некоторое геометрическое преобразование, а именно: "распрямить" U-образную трубу грунтового теплообменника (Рисунок 1)

Для удобства моделирования процесса теплопередачи, в этом случае взят плоский элемент, состоящий из слоя грунта, наполнителя и стенки трубы, соприкасающейся с рабочей жидкостью, грунт рассматривается как твердая, сплошная, изотропная среда, в которой распространение тепла происходит лишь за счет теплопроводности. Аналогичное допущение принято и для наполнителя скважины.

На границе $x=0$ задаются граничные условия второго рода, на границе $x=L$ задаются граничные условия третьего рода. На границах, разделяющих между собой слои, приняты граничные условия четвертого рода.

Вероятные режимы течения жидкости в трубах: переходный, когда $2 \cdot 10^3 < Re_{ж} < 1 \cdot 10^4$ и турбулентный $Re_{ж} > 1 \cdot 10^4$. Для переходного режима теплоотдача характеризуется уравнениями [1, 2, 3, 4, 5, 7]:

$$Nu = K_0 \cdot Pr_{ж}^{0,43} \cdot (Pr_{ж}/Pr_{ст})^{0,25} \quad (2a)$$

или

$$Nu = 0,008 \cdot Re_{ж}^{0,9} \cdot Pr_{ж}^{0,433} \quad (2б)$$

Для расчета коэффициента теплоотдачи при развитом турбулентном течении различных жидкостей в трубах можно воспользоваться формулой, предложенной М.А. Михеевым [3]:

$$Nu = 0,021 \cdot Re_{ж}^{0,8} \cdot Pr_{ж}^{0,43} \cdot (Pr_{ж}/Pr_{ст})^{0,25} \quad (3)$$

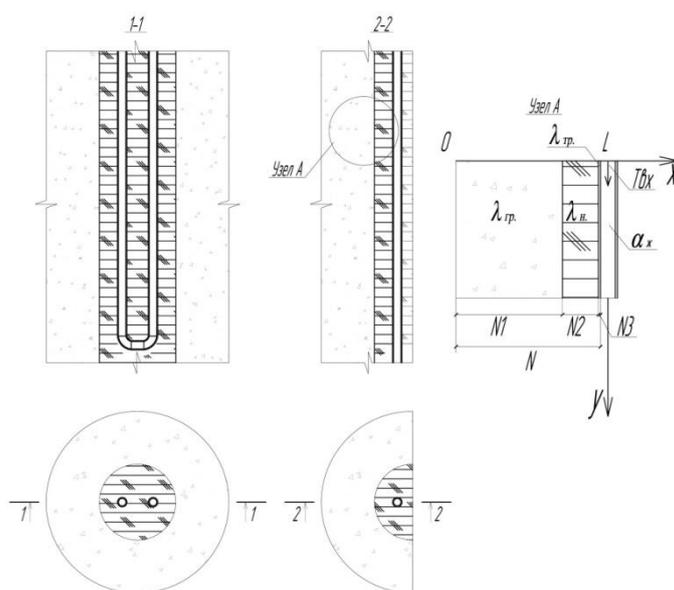


Рис. 1. Фрагмент системы сбора низкопотенциальной энергии грунта: слева – в виде многослойного цилиндра; справа - с "распрямленной" U-образной трубой грунтового теплообменника

Применяя уравнение теплового баланса для рабочей жидкости, можно рассчитать ее температуру в следующий момент времени на следующем шаге по координате:

$$T_{ж2} = \frac{(q \cdot \tau \cdot \Delta y)}{M \cdot c} + T_{ж1}, \quad (4)$$

Для нахождения температурного поля в окрестностях труб внутри скважины применен метод Е.П. Шубина [6] для подсчета тепловых потерь нескольких труб, уложенных в грунт.

Температуру в любой точке скважины можно определить по уравнению:

$$T = T_0 + \frac{q_1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{нан}} \cdot \ln \sqrt{\frac{x^2 + (y + h_0)^2}{x^2 + (y - h_0)^2}} + \frac{q_2}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{нан}} \cdot \ln \sqrt{\frac{(x - b)^2 + (y + h_0)^2}{(x - b)^2 + (y - h_0)^2}} \quad (5)$$

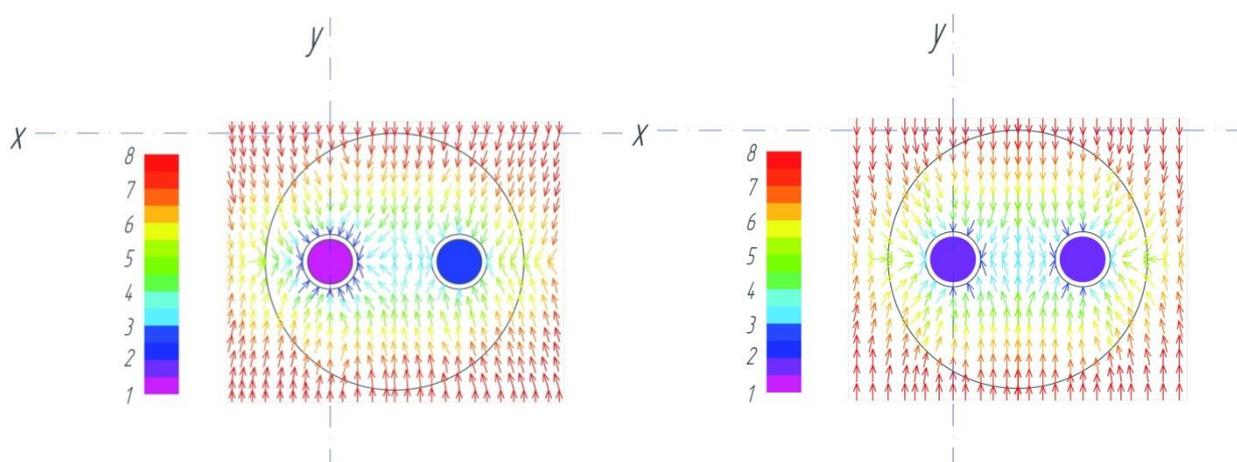


Рис. 2. Температурное поле грунтового теплообменника. Слева - зона наибольшей разницы температур теплоносителя в трубах грунтового теплообменника; справа - зона одинаковых температур теплоносителя в трубах грунтового теплообменника

В результате расчетов определены температурные поля по вертикали и в двух сечениях по горизонтали скважины (Рисунок 2). Установлено, что взаимное влияние труб грунтового теплообменника оказывает воздействие только при расположении опускной и подъемной труб на расстоянии менее 0,04 м, а при большем расстоянии, такого взаимодействия не наблюдается, поэтому трубы грунтового теплообменника необходимо располагать ближе к краям скважины. Данные утверждения относятся к грунтовым теплообменникам, выполненным из полиэтиленовых труб.

Литература

1. Бажан, П.И. Справочник по теплообменным аппаратам / П.И. Бажан, Г.Е. Каневец, В.М. Селиверстов – М.: Изд-во «Машиностроение», 1989. – 362 с.

2. Кротов, В. М. Совершенствование расчета вертикальных грунтовых теплообменников систем теплоснабжения / В.М. Кротов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. - 2009. - № 15. - С. 129-133.
3. Михеев, М.А. Краткий курс теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – М.-Л.: Изд-во «Госэнергоиздат», 1960. – 206 с.
4. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – Изд. 2-е. – М.: Издательство «Энергия», 1977. – 344 с.
5. Филатов, С.О., Володин, В.И. Работа теплообменников утилизации теплоты грунта / С.О. Филатов // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. - 2011. - №3. - С. 179-184.
6. Шубин, Е.П. Новый метод подсчета тепловых потерь нескольких труб, уложенных в грунт / Е.П. Шубин // Известия ВТИ - 1934. - №8 - С. 42-50.
7. Yavuzturk Cenk. Modeling of vertical ground loop heat exchangers for ground source heat pump systems./ USA, Oklahoma State, 1999.

СЕКЦИЯ 6.АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

P. Abbasov, A. Petrashen (П. А. Аббасов, А.С. Петрашень)

FEFU, Vladivostok

CLASSIFICATION OF SETTLEMENTS OF THE SOUTH OF FAR EAST ON TYPHOON DANGER LEVEL (КЛАССИФИКАЦИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ПО СТЕПЕНИ ТАЙФУННОЙ ОПАСНОСТИ)

Аннотация

Населенные пункты Приморского края и Сахалинской области, как правило, не реже одного раза в год подвергаются воздействию тайфунов, которые приносят значительные ущербы народному хозяйству. Величина ущербов обычно пропорциональна количеству выпадающих осадков. В соответствии с нормами свода привил, осадки характеризуются суточным максимумом, поэтому данный параметр можно принять для оценки степени опасности воздействия тайфуна на населенный пункт. Предлагается оценочная шкала по максимальным осадкам на горизонтальную и вертикальную поверхность, которые выпадают за сутки. По шкале были определены степени тайфунной опасности для населенных пунктов Приморья и Сахалина. Построены соответствующие карты. Карта для Приморья не соответствовала карте интенсивности дождя продолжительностью двадцать минут приведенной в СП, а для Сахалина такой карты нет. Следовательно, расчет расходов дождевых вод по нормам требует уточнения, как не учитывающий воздействия тайфунов.

Для оценки степени опасности воздействия тайфунов на районы Дальнего Востока, особенно Приморского края и Сахалинской области, необходимо выбрать комплексную характеристику, которая бы учитывала данное воздействие. В качестве такой характеристики может выступать ущерб, наносимый тайфунами, однако его подсчет не является достаточно точным. На величину ущерба значительное влияние оказывают субъективные факторы. Расчеты ведутся с применением различных методик, уровни цен, которые закладывают в расчет, не являются едиными. Можно принять суточный максимум осадков для населенного пункта, в качестве

параметра, который может стать основой классификации территорий по степени тайфунной опасности, так как ущерб пропорционален количеству осадков [1].

За начало отсчета может быть принята величина осадков 50 мм, поскольку в метеорологии с данного значения ливневые дожди классифицируются как особо опасные стихийные гидрометеорологические явления. В качестве одной ступени градации для простоты можно взять тоже 50 мм.

Учет ветра можно произвести по осадкам, выпадающим на вертикальную поверхность стен. Их величина по степени опасности может быть оценена шкалой, принятой для осадков, выпадающих на горизонтальную поверхность. Тогда оценочная шкала примет следующий вид.

Диапазон суточных осадков на горизонтальную и вертикальную поверхность, мм	Степень тайфунной опасности			
	первая	вторая	третья	четвертая
	50 - 100	100 - 150	150 - 200	Более 200

В соответствии с этой таблицей была произведена оценка пунктов Приморского края и Сахалинской области по степени тайфунной опасности по максимальным суточным осадкам на горизонтальную и вертикальную поверхности. Результаты таких оценок приведены в источнике [1]. Степень тайфунной опасности для населенных пунктов Приморского края показана на рисунке 1.

Наибольшая степень тайфунной опасности соответствует населенным пунктам, которые расположены на побережье Японского моря, и имеется лишь довольно узкая полоса местности, проходящая через города Владивосток, Артем, Спасск-Дальний, где уровень опасности также велик. Это объясняется тем, что Приханкайская низменность подходит непосредственно к берегам зал. Петра Великого, что и сказывается на количестве осадков в данной местности.

Сравнение данной карты с картой значений величин интенсивности дождя q_{20} для Приморского края по СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения» (приложение Б) или СНиП 2.04.03-85 указывает на их противоречивость для населенных пунктов, расположенных по побережью Японского моря и населенных пунктов южной части Приморского края.

Рекомендуемая карта интенсивности дождя q_{20} , которая соответствует карте тайфунной опасности для Приморского края, также показана на рисунке 1. Степени тайфунной опасности для населенных пунктов Сахалинской области, вынесены на карту (рисунок 2).

Самая большая, четвертая, степень тайфунной опасности соответствует населенным пунктам, расположенным на восточном побережье острова Сахалин в нижней части Охотского моря южнее зал. Терпения. Интересно отметить, что на западном побережье острова четвертую степень опасности имеет только п. Ильинский, который располагается в самой низменной и узкой части острова на той же широте. Именно в этом месте воздушные потоки могут почти без препятствий пересекать остров Сахалин из Охотского моря в Татарский пролив.

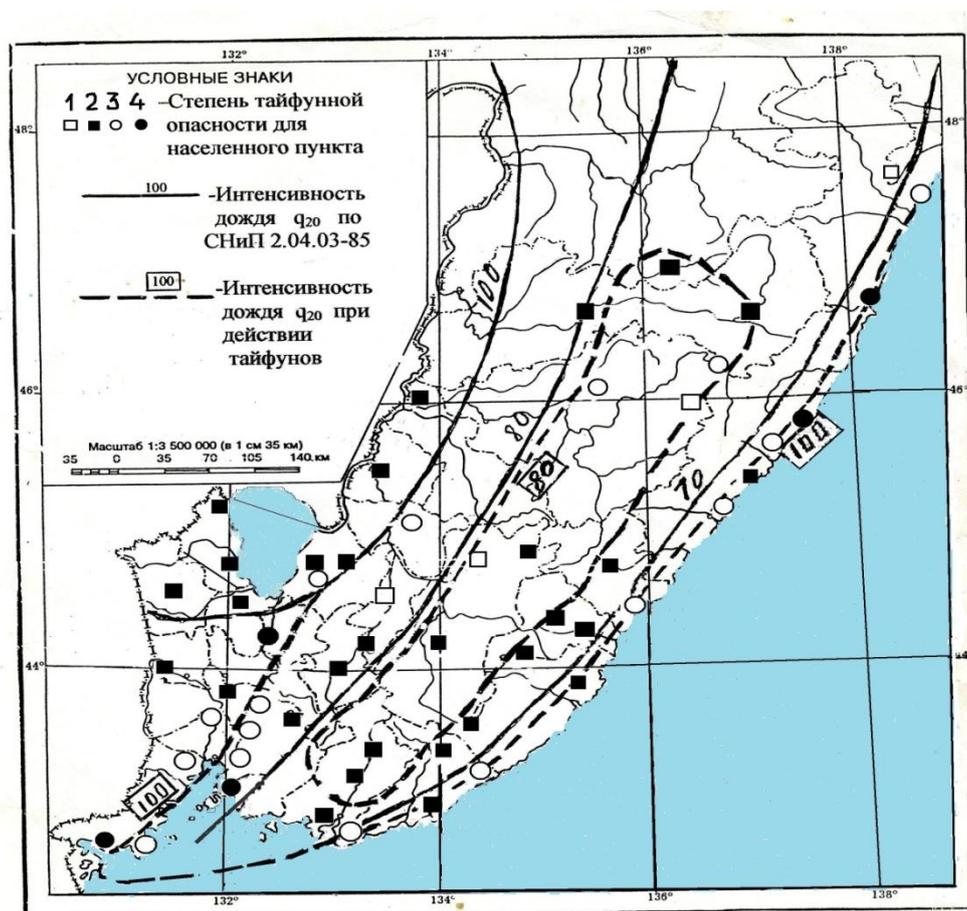


Рис. 1. Карта тайфунной опасности для населенных пунктов Приморского края

Можно сделать вывод, что степень тайфунной опасности больше для населенных пунктов расположенных в относительно узкой береговой полосе, выходящей на открытые пространства Японского и Охотского морей.

Так же, как для Приморского края, по карте тайфунной опасности была построена предполагаемая карта интенсивности дождя q_{20} для Сахалинской области, объединенная с Приморским краем. Методика построения изолиний была принята аналогичной.

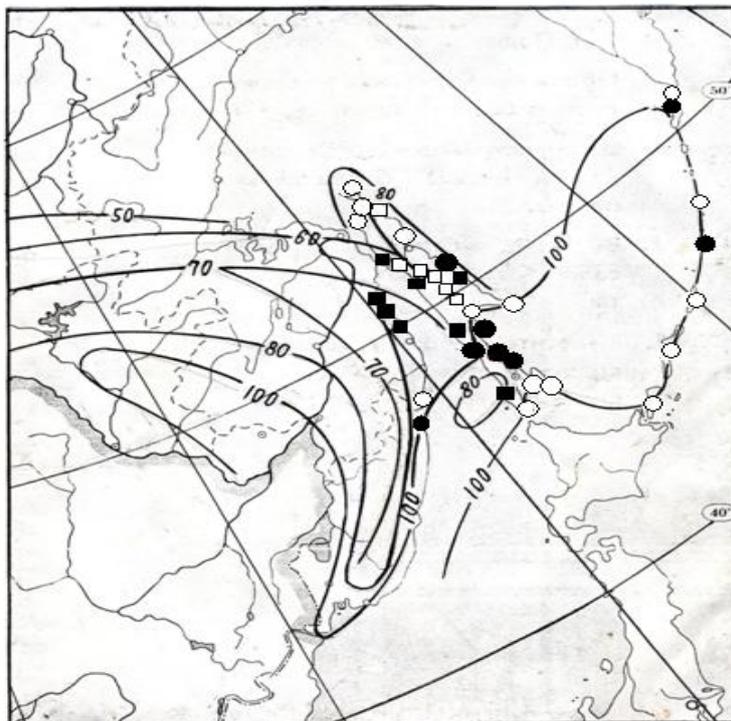


Рис. 2. Карта тайфунной опасности для населенных пунктов Сахалинской области и объединенная карта интенсивности дождя q_{20} с Приморским краем

Дополнительно для Приморского края была проведена изолиния интенсивности дождя со значением $70^{\text{мм}} / \text{год}$. Она была проведена для пунктов с минимальными осадками. Для Хабаровского края это п. Полина Осипенко, для Приморского края п. Агзу, п. Самарка и Яковлевка.

В дальнейшем по мере получения новых данных эта карта может быть уточнена.

Литература

1. Аббасов П. А., Петрашень А. С. Тайфуны с позиции строителя.- Владивосток: Дальнаука, 2008.-168 с.

*A. Averkin, A. Eremkin, Yu. Rodionov, Yu. Averkin (А.Г. Аверкин,
А.Г. Еремкин, Ю.В. Родионов, Ю.А. Аверкин)*

Penza State University of architecture and construction, Penza

**TO THE PROBLEM OF CHECK OF FLAT COLD AND HOT, GAS
METERS (К ВОПРОСУ ПОВЕРКИ КВАРТИРНЫХ СЧЕТЧИКОВ
ХОЛОДНОЙ, ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ И ГАЗА)**

Аннотация

Представлена конструкция разработанного образцового расходомера трубопоршневого типа для поверки счетчиков холодной, горячей воды и газа непосредственно по месту их установки. Описана работа расходомера, приведена принципиальная схема управления, позволяющая в автоматическом режиме проводить поверку квартирных счетчиков.

В основе электронно-счетного устройства, обеспечивающего высокую точность измерения расхода жидкой и газовой среды, предложен стандартный микрокалькулятор, соединенный с герметичными магнитоуправляемыми контактами геркона,

На основании Федерального закона № 261 – ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» обусловлена необходимость осуществления монтажа и ввода в эксплуатацию приборов учета холодной и горячей воды (водосчетчиков) в каждой квартире. По истечении нормативного срока эксплуатации приборов учета (для горячей воды – 4 года, для холодной воды – 6 лет) необходимо провести их поверку, на основании которой выносится заключение о возможности (невозможности) увеличения срока эксплуатации. До недавнего времени повсеместно альтернативным решением являлась покупка собственником жилья новых водосчетчиков и их монтаж по истечении нормативного срока прежних приборов учета, т.к. для поверки собственнику жилья необходимо обеспечить их демонтаж и доставку в специализированную лабораторию на определенный период времени, в течение которого оплата расхода воды осуществляется по установленным (завышенным) тарифам. Поверка приборов учета удлинена во времени и ее результат изначально не известен.

Нами разработан образцовый расходомер трубопоршневого типа для поверки квартирных счетчиков холодной, горячей воды и газа непосредственно по месту их установки (рис.) [1 – 3].

Основными элементами установки являются калиброванная труба с перемещающимся в ней поршнем, детекторы перемещения, клапаны, электронно-счетное устройство.

Электронно-счетное устройство способствует высокой точности измерения расхода проточной среды (газа, воды). Оно состоит из микрокалькулятора, на внешней панели которого расположен разъем в виде миниатюрной розетки, соединенной параллельно электропроводной цепью с итоговой клеммой «равно» микрокалькулятора или с катушкой соленоидного толкателя, установленного у кнопки «равно» микрокалькулятора. К розетке с помощью штекера присоединены герметизированные магнитоуправляемые контакты геркона, от них на расстоянии 5 мм автономно и периодически перемещается постоянный магнит [2].

Установка содержит присоединенный поверяемый счетчик 1 для проточной среды, калиброванную трубу (цилиндр) 2, выполненную из прозрачного материала (например, стекла, полиэтилена), размещенный в ней поршень 3, содержащий магнит, клапаны №1, №2 с электромагнитными приводами YA1, YA2, установленные на входе, выходе из трубы, клапаны №3, №4 с электромагнитными приводами YA3, YA4 – на обводных трубопроводах, электронно-счетное устройство, состоящее из детекторов перемещения поз. 1а, поз. 1б, закрепленных на концах калиброванной трубы, и представленными герметичными магнитоуправляемыми контактами геркона, которые соединены, как указано выше, электропроводной цепью с итоговой клеммой «равно» микрокалькулятора или с катушкой соленоидного толкателя, установленного у кнопки «равно» микрокалькулятора.

В качестве проточной среды может служить горячая, холодная вода, газ.

Устройство работает следующим образом.

1. *Подготовительная стадия.* Устройство присоединяют к рабочей сети (например, к водопроводной сети) после поверяемого счетчика, и осуществляют подачу воды в устройство, открывая соответствующий запорный вентиль (кран) на водопроводе, включения электропитания электрической схемы переключателем пуска (на рис. не показан) и перемещения поршня в крайнее левое положение. После чего прекращают подачу воды в устройство путем отключения электропитания электрической схемы при повторном нажатии на переключатель пуска.

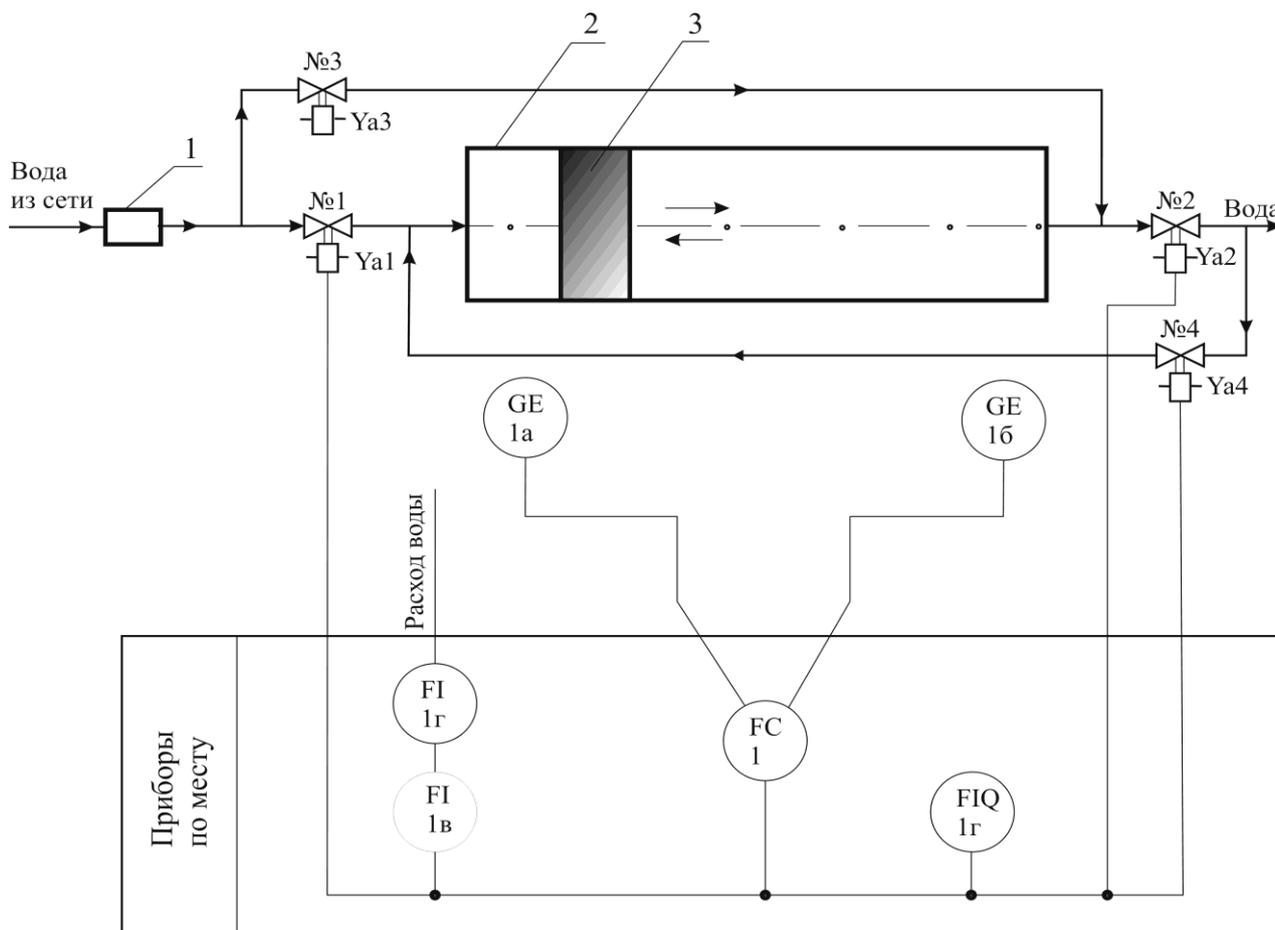


Рис 1. Схема установки для поверки счетчиков горячей, холодной воды, счетчиков газа и схема его автоматизации:

1 – поверяемый прибор; 2 – калиброванная труба (цилиндр); 3 – поршень. №1, №2, №3, №4 – клапаны с электромагнитными приводами YA1, YA2, YA3, YA4 НЗ (= 12 В), соответственно; SA – переключатель типа «Тумблер» 2-х полюсной; 1а, 1б – герметичные магнитоуправляемые контакты (геркон); 1в – соленоид; 1г - микрокалькулятор

В память калькулятора вводится численная величина соответствующая калиброванному объему цилиндра в литрах, и задается операция сложения путем нажатия на клавишу «+» на клавиатуре калькулятора.

2. *Рабочая стадия – стадия поверки счетчика.* Включают электропитание электрической схемы с помощью переключателя пуска.

За счет давления водопроводной воды поршень 3 перемещается в крайнее правое положение в калиброванном цилиндре 2. При этом магнитоуправляемый контакт геркона 1б замыкается за счет воздействия постоянного магнита поршня, поступает соответствующий сигнал на операционную систему микрокалькулятора на сложение еще одного заданного на подготовительной стадии объема воды, также поступают сигналы команд

на электромагнитные приводы YA1, YA2, YA3, YA4, в результате клапаны №1, №2 принимают положение «закрыто», клапаны №3, №4 – «открыто». Подача воды осуществляется в правую часть цилиндра 2, поршень 3 движется обратно, т.е. справа-налево, достигнув крайнего левого положения, магнит поршня воздействует на магнитоуправляемый контакт геркона Поз 1а, он замыкается, на микрокалькулятор поступает команда на сложение еще одного объема воды, численно равного предыдущему объему воды, происходит срабатывание электромагнитных приводов клапанов YA1, YA2, YA3, YA4, в результате клапаны №1, №2 принимают положение «открыто», клапаны №3, №4 – «закрыто». Поршень 3 снова перемещается слева-направо. За счет поочередного парного открытия и закрытия электромагнитных клапанов вода из сети движется в цилиндре 2 то слева-направо, то справа-налево, воздействуя и перемещая поршень в том же направлении, т.е. выполняя возвратно – поступательные движения.

После достижения определенного (нормативного) пропуска объема воды для поверяемого счетчика сравнивают показания численных значений объемов с дисплея калькулятора с показаниями счетчика, определяют соответствующие погрешности и делают заключение о пригодности (непригодности) поверяемого счетчика.

К достоинствам разработанного расходомера следует отнести:

- возможность поверки с целью оценки увеличения (не увеличения) срока эксплуатации приборов учета квартирных счетчиков по месту установки без их демонтажа;

- низкая стоимость за счет применения упрощенных элементов электронно-счетного устройства в виде распространенного карманного микрокалькулятора для считывания, суммирования и учета электрических сигналов, поступающих с герконов и соответствующих определенному объему протекающей среды в калиброванной трубе.

Таким образом, разработанный расходомер трубопоршневого типа упрощает и удешевляет процедуру поверки счетчиков холодной, горячей воды и газа, способствует ресурсо-и энергосбережению в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Литература

1. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. – 4-е изд., перераб. и доп. / П.П.Кремлевский – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. - 701 с.

2. Патент РФ № 109596 Счетное устройство / Аверкин А.Г., Еремкин А.И., Мишанин С.И., Савицкий Е.А., Тренин И.Ю. Опубл. 20.10.2011. Бюл. 29.

3. Патент РФ № 152211 Устройство для поверки счетчиков воды, счетчиков газа / Аверкин А.Г., Еремкин А.И., Савицкий Е.А., Аверкин Ю.А., Марин О.Ю., Ханин К.В. Опубл. 15.04.2015. Бюл. 8.

N. Falalaeva (Н.А. Фалалеева)

FEFU, Vladivostok

THE CAUSES OF CONCRETE CRACKING AT THE STAGE OF EARLY STRENGTH (ПРИЧИНЫ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В БЕТОНАХ НА ЭТАПЕ РАННЕЙ ПРОЧНОСТИ)

Аннотация

Приведены экспериментальные данные, полученные при проведении экспертизы причин трещинообразования в бетоне перекрытия подвала здания. Рассмотрен механизм трещинообразования в зависимости от кинетики нарастания ранней прочности свежеуложенного бетона, экзотермии цемента, состава и степени уплотнения бетонной смеси, влияния периодов раннего заморозания-оттаивания, защищенности арматуры, а также эффективности ухода за бетоном до приобретения им проектной прочности. Обосновывается необходимость контроля над соблюдением технологических параметров укладки бетонной смеси и процесса последующего твердения бетона непосредственно на строительной площадке.

При строительстве жилого комплекса в г. Владивостоке из-за судебных разбирательств строительство одного из зданий было приостановлено на 2 года, в результате чего железобетонная плита перекрытия над подвальным этажом многоэтажного жилого дома оказалась покрыта сеткой сквозных трещин и высолами. Арбитражный суд края назначил судебную строительную экспертизу. Целью было определение причин появления дефектов с учетом качества бетонных смесей и оценка технического состояния перекрытия подвала.

Обследование несущей конструкции плиты перекрытия подвала на отм. -0.080 проводилось визуально-инструментальным методом согласно СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих конструкций зданий и сооружений». Инструментальное обследование включало обследование несущих конструкций плит перекрытия подвального этажа с описанием характера выявленных дефектов, их анализом и оценкой степени влияния дефектов на несущую способность плиты перекрытия, с определением фактической прочности бетона и состояния арматуры. Используются методы неразрушающего контроля прочности бетона и контроля прочности бетона по образцам, отобраным специалистами заказчика при укладке бетонной смеси на объекте.

Несущие конструкции здания: железобетонный монолитный каркас с расположением ригелей по периметру, с монолитной железобетонной плитой и диафрагмами жесткости. Междуэтажные перекрытия – монолитные плиты толщиной 200 мм.

При *визуальном* обследовании особое внимание обращалось на наличие силовых трещин; недопустимые деформации (прогибы) изгибаемых конструкций; дефекты бетонирования. При *инструментальном* обследовании устанавливались: прочность бетона; характер и величина раскрытия трещин: замерялась микроскопом "МПБ-3" (с ценой деления 0,05 мм). При определении прочности бетона неразрушающими методами использовались: молоток Шмидта по ГОСТ 22690-88 и ультразвуковой прибор "Пульсар 1.1"» по ГОСТ 17624. Прочность бетона с помощью приборов неразрушающего контроля устанавливалась по градуировочной зависимости, полученной на бетонных образцах-кубах в лабораторных условиях (сначала неразрушающим методом, а затем по ГОСТ 10180 - метод определения прочности бетона по контрольным образцам).

Анализ документации показал, что использованные при изготовлении бетонной смеси цемент, заполнители (песок, щебень) и добавки – модификаторы твердения по основным показателям отвечают предъявляемым к ним требованиям и не являются причиной образования дефектов при строительстве.

Результаты испытания прочности при сжатии бетона в конструкции в среднем составили:

- по данным лабораторий – в возрасте 28 – 46 - 53 суток от В 20 М 250 до В 25 М 350, – в возрасте 2-х лет (1 год и 11 месяцев) прочность бе-

тона возросла: по данным испытания прибором Шмидта – до В 27,5 М 350; по данным испытания ультразвуком - до В 22,5 М 300; – при данным прямого испытания образцов – до В 27,5 М 350.

В возрасте 28 – 46 - 53 суток фактическая прочность бетона составила от В 20 (М250) до В25 (М350), т.е. проектные требования к бетону (класс по $R_{сж}$ - В20 или средняя прочность не менее 26,2 МПа, марка М 250) были обеспечены. В возрасте 2-х лет прочность бетона возросла от В 22,5 до В 27,5). Коэффициент роста прочности 1,34, отношение $R_b/R_{ц}=0,72$, что несколько ниже, но приемлемо для характеристик бетона при $V/C=0,4...0,8$ в указанном возрасте.

Т.е. анализ «остаточной» прочности бетона в плите перекрытия (механическим и ультразвуковым методами неразрушающего контроля; а также методом прямого испытания прочности бетонных образцов и динамики ее изменения во времени) показал, что состав бетонной смеси вполне обеспечивал качество бетона и не мог стать причиной дефектов.

Основные технологические дефекты: коррозия бетона – выщелачивание солей в виде белого налета на внутренней поверхности плиты на участках сквозных усадочных трещин с шириной раскрытия 0,1...0,3 мм в виде сеток, а также параллельные, пересекающиеся и другие трещины технологического характера; коррозия арматуры; оплывы бетона и потеки цементного «молочка» на узлах сопряжений опалубочных щитов; скопления пор и раковин глубиной 10...15 мм и т.д. Анализ причин этих дефектов позволил заключить, что причиной образовавшихся дефектов могли быть только нарушения, связанные непосредственно с укладкой бетонной смеси, условиями ее твердения и последующим уходом за твердеющим бетоном на стройплощадке.

Фактором, существенно влияющим на качество бетона, по мнению авторов, является тепловыделение при гидратации цемента. При высоких расходах цемента в составе бетонной смеси значимым явлением становится увеличение тепловыделения, пик которого приходится на вторые сутки после бетонирования (максимальный саморазогрев – в 2-3х суточном возрасте). Т.е. при расходе цемента 360-380 кг/м³ температура бетонной смеси за счет внутреннего тепла может достигать 40-50°C. *При разности температур в поверхностном слое конструкции и в окружающей среде более 20°C термические напряжения приводят к образованию трещин.*

На момент укладки бетонной смеси (октябрь) температура окружающей среды составляла: утро 5...7 °С; день 6...7 °С; вечер 3...6 °С; ночь 1...3°С. Аналогично температура наружного воздуха в эти дни изменялась в интервале от 1°С утром до 8°С днем. Т.е. перепад температур между поверхностью бетона и температурой наружного воздуха составлял порядка 30-40°С, что в отсутствие надлежащего ухода за свежесуложенной бетонной смесью неизбежно должно было привести к образованию усадочных трещин. Риск растрескивания бетона возникает в то время, когда он наиболее уязвим, т.е. *до набора им полной расчетной прочности.*

В дальнейшем (*ноябрь*) состояние температур наружного воздуха на момент укладки бетонной смеси (+1...+8°С, конец октября) также не обеспечивало бетону достаточной скорости набора проектной прочности. В ноябре и в последующий период последовавшие циклы попеременного замораживания-оттаивания бетона, наступили до набора им проектной прочности. Для пластичных бетонных смесей указанные выше температурные факторы становятся более значимыми.

Исходя из климатических условий г. Владивостока (высокая солнечная радиация зимой с частыми переходами через 0°С - около 200 циклов замораживания-оттаивания за зиму) принято, что поверхность плиты подверглась воздействию около 400 циклов, что приблизило состояние бетона к точке деструкции. Поэтому основной причиной трещинообразования выявлено несоблюдение требований к технологии укладки бетонных смесей и требований к уходу [1, 2], а основным фактором - тепловыделение при гидратации цемента.

Литература

1. Фалалеева Н.А., Ким Л.В. О влиянии технологических факторов и коррозии на трещинообразование в бетонах // Вестник Одесской государственной академии строительства и архитектуры, вып. 53. Одесса, Внешрекламсервис, 2014. С. 386-392.

2. Фалалеева Н.А. К вопросу о причинах трещинообразования в бетонах // Механика разрушения бетона, железобетона и других строит. материалов: сборник статей 7-й научной конференции. Том 2. Воронеж, 2013. С.95-100.

V. Kamornyi (B.M. Kamornyy)

FEFU, Vladivostok

TRANSFER TO UNIFIED COORDINATE SPACE (ПЕРЕХОД К ЕДИНОМУ КООРДИНАТНОМУ ПРОСТРАНСТВУ)

Аннотация

Рассмотрены проблемы, связанные с переходом от местных систем координат к единому координатному пространству на территории Приморского края и возможные пути их решения. Приведены результаты исследований и работ, выполненных в этом направлении специалистами Дальневосточного федерального университета и Приморского информационно-аналитического центра геодезии и картографии.

Большинство местных систем координат, используемых для проведения геодезических и топографических работ при инженерных изысканиях, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, межевании земель, ведении кадастров и осуществлении иных специальных работ на территории субъектов Российской Федерации, основаны на системе координат 1942 года. По мнению многих ученых точность реализации этих систем координат, как и точность системы 1942 года, не удовлетворяет современным требованиям.

С технической точки зрения одной из причин развития местных систем координат являлось стремление свести к минимуму искажения измеренных расстояний и углов при их отображении на картах и планах. Для этого осевой меридиан располагался в середине района установления местной системы координат. В некоторых случаях референц-эллипсоид задавался так, чтобы его поверхность была максимально близка к средней высоте района.

При использовании местных систем основные проблемы связаны с тем, что точность координат ГГС в системе координат 1942 года не отвечает современным требованиям. Поэтому Правительством страны взамен системы координат 1942 года была введена система координат 1995 года, имеющая более высокую и однородную точность для всей территории России.

Большинству существующих местных системам координат присущи такие недостатки как неоднородная и порой не высокая точность опорных

геодезических сетей, а также невозможность эффективно применять современные спутниковые технологии в силу режимных ограничений.

Кроме того, в процессе развития сетей сгущения в местных системах координат положение усугублялось новыми дополнительными ошибками. Во многих случаях на границах разных местных систем возникают невязки, достигающие метра и более. Таким образом, оказалась утраченной математически корректная связь большинства местных систем с государственной системой координат. Это привело к тому, что координаты точек, полученные в результате измерений от пунктов в местной системе, не могут быть пересчитаны с необходимой точностью в государственную систему координат и, соответственно, не может быть получено единое координатное описание пространственных объектов на заданной территории.

Это означает, что на основании накопленных ранее в местных системах координат сведений об объектах капитального строительства, земельных участках, других объектах изыскательской деятельности не может быть выполнен корректный и непротиворечивый переход к системе координат 1995 года, а с начала 2017 года – к государственной системе координат 2011 года.

Специалистами Приморского информационно-аналитического центра геодезии и картографии и Дальневосточного федерального университета были проведены работы по поиску решения указанной проблемы с целью организации единого координатного пространства для территории Приморского края.

Проведен анализ местных систем координат, имеющих математически корректную связь с действующей в настоящее время государственной системой координат, проанализированы местные системы, связь с которыми может быть восстановлена, а также для которых такая связь не может быть получена или восстановлена.

По результатам работ для каждой местной системы координат определялись уточненные параметры перехода, были сформулированы рекомендации и предложения по дальнейшему их использованию, составлены каталоги координат пунктов государственной геодезической сети и пунктов съемочного обоснования в системах координат.

При анализе проводилось сравнение n координат государственной системы и приведенной к ней с использованием параметров перехода местной системы координат. По сформированным разностям ΔX_i и ΔY_i рас-

считывалось среднее квадратическое отклонение для каждой местной системы $\sigma = \sqrt{\sigma_{\Delta X}^2 + \sigma_{\Delta Y}^2}$, где $\sigma_{\Delta X}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \overline{\Delta X})^2$,

$$\sigma_{\Delta Y}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta Y_i - \overline{\Delta Y})^2, \quad \overline{\Delta X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i, \quad \overline{\Delta Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta Y_i .$$

Принято, что отклонение для «надежных» систем координат не должно превышать 0,08 м. Для целей ведения государственного кадастра недвижимости отклонение может быть установлено до 0,10 метра с условием разбиения территории действия таких местных систем на блоки (группы смежных кадастровых кварталов) с определением параметров преобразования отдельно для каждого блока.

Местные системы координат, для которых не соблюдаются указанные выше условия но для которых может быть восстановлена связь, потребуют выполнения работ по реконструкции геодезической сети.

В целях введения в действие в качестве единой местной системы координат (МСК-Регин), для которой в пределах указанной точности установлена связь с государственной системой, целесообразно:

- опубликование каталогов координат и высот пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения в местной системе координат МСК-Регион;

- уточнение материалов государственного кадастра недвижимости в соответствии с результатами проведенного анализа;

- подготовка и издание распорядительного акта органом государственной власти субъекта Российской Федерации о введение в действие единой местной системы координат с оповещением субъектов топографо-геодезической, изыскательской и кадастровой деятельности об аннулировании локальных местных систем координат и введении в действие единой местной системы координат на территории субъекта Российской Федерации.

L. Kim, Yu. Rylov (Л.В. Ким, Ю.М. Рылов)

FEFU, Vladivostok

**RENOVATION REPAIR OF WATER PIPES AND PROTECTION
FROM CORROSION AND BIOFOULING (ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ
РЕМОНТ ВОДОВОДОВ И ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ
И БИООБРАСТАНИЙ)**

Аннотация

Даны результаты исследований труб для транспортировки морской воды на ТЭЦ. Проанализированы возможные способы восстановительного ремонта. Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: высокая адгезия к поверхности труб, био- и коррозионностойкость, долговечность, восстановление труб с износом до 80% за счет повышения жесткости и "залечивания" дефектов труб. Восстановительные работы могут проводиться бестраншейным методом, что резко снижает трудоемкость работ и их длительность. Проведена проверка патентоспособности новых решений, результативность исследований подтверждена актами лабораторных испытаний. Разработаны практические рекомендации для строительной и эксплуатирующей компаний.

Принципиальные достижения науки и практики высокопрочных бетонов (НРС) В соответствии с государственной программой Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» на 2013 – 2020 годы, региональной программой «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Приморском крае» на 2013 – 2017 годы, планом инновационного развития ОАО "ДГК" необходимо добиться повышения энергетической эффективности в системах коммунальной инфраструктуры, при производстве тепло- и электроэнергии путем реализации мероприятий энергосбережения и повышения энергетической эффективности в данных системах.

В России эксплуатируются около 230 тыс. км трубопроводов различного назначения. Около 40% магистральных трубопроводов отработали более 20 лет. Старение трубопроводной сети ведет к росту вероятности аварий, что зависит не только от эксплуатационных условий, но и от характеристик грунтов основания, рельефа, протяженности трассы и прочих технических, технологических и экономических факторов. Это приводит к

значительным потерям энергоресурсов и огромным затратам на ремонт и прокладку трубопроводов.

Системы водо- и теплоснабжения Приморского края нуждаются в срочной реконструкции, т.к. были построены в основном в советское время. Сейчас заканчивается 2-й нормативный эксплуатационный срок, следствием является коррозионный износ с остаточной толщиной стенок трубопроводов 50-90%. Особенно изношен 2-й водовод, построенный в 1977-78 гг., который обеспечивает половину потребности воды в городе. Обрастания и отложения внутри труб требуют увеличенных эксплуатационных затрат и расхода энергии на работу насосов. Смесь хлора с продуктами коррозии создают чрезвычайно опасные для человека вещества.

В советское время Академия коммунального хозяйства [1] внесла изменения в нормы СНиП, где говорилось о запрете укладки труб без внутренней изоляции. Были изданы рекомендации по устройству цементно-песчаного покрытия внутренней поверхности труб. Использование пенополиуретанового покрытия наружной поверхности труб теплоснабжения также неэффективно вследствие образования пароводяного слоя между покрытием и стенками труб.

В конце 80-х главным инженером треста "Подземстрой" Рыловым Ю.М. были внедрены облицовочные агрегаты для труб разного диаметра цементно-песчаной смесью. Данный способ самый дешевый и в тоже время эффективный в части защиты от коррозии и биообрастания. Были получены патенты № 1602101, 1668593 и 1831811 на установку и ряд патентов на полимерные композиции и компаунды, получены золотые медали ВДНХ. Почти 30 городов в СССР подписали лицензионные патентные соглашения на использование технологии дискретного набрызга цементно-песчаной смеси толщиной 5-16 мм. К сожалению, при губернаторе Кузнецове данное оборудование в Приморье было утилизировано.

Также в начале 90-х был прерван проект по пиролизу каменного липтобиолитового угля в пос. Липовцы. Смола, получаемая на этом пиролизном заводе, является эффективной основой для производства эпоксидно-липтобиолитовой грунтовки и эмали. Эти исследования были выполнены в ДВПИ под руководством д.т.н. С.С. Томских и в ДВГУ к.т.н. Корнейчуком Г.К. Пиролизная вода может использоваться для затворения цементных и бетонных смесей, придавая им альцигидные свойства и оказывая

пластифицирующий и воздухововлекающий эффект. В период 1988-1994 г. в Приморском крае было уложено более 1000 км труб с такой изоляцией.

ДВФУ совместно с изобретателем технологий и устройств Рыловым Ю.М. при поддержке ОАО "ДГК" и строительной компании ООО "Дальвостокстрой" разрабатывает территориальные строительные нормы и внедряет в системе коммунальной инфраструктуры Приморского края (водоводы, водопроводные трубы, теплотрассы, бетонные сооружения гидроузлов, очистные сооружения) следующие технологии:

1) нанесения цементно-песчаного покрытия на наружную и внутреннюю поверхность труб, бетонные гидротехнические сооружения (с альгицидной добавкой для труб, транспортирующих морскую воду), включая разработку технологического оборудования для этих работ;

2) нанесения эпоксидно-липтобиолитовой эмали и грунтовки различных составов для антикоррозийной защиты труб [2, 3];

3) устройства теплоотражающей самоклеящейся пленки на трубы теплотрасс для теплоизоляции (инфракрасного излучения).

Циркуляционные водоводы системы охлаждения паровых турбин Владивостокской ТЭЦ-2 эксплуатируются в условиях грунтовых морских вод (из-за наличия утечек), высокой скорости потоков, биообрастания и отложений, наличия сильной коррозии, наличия блуждающих токов и неработоспособного состояния труб вследствие длительного срока эксплуатации (более 30 лет). В случае замены труб рекомендуется провести дополнительно к заводской изоляции антикоррозионную защиту труб необходимо из-за наличия морской воды снаружи труб в результате утечек. Следует также отметить образование гальванических элементов при замене труб, резко ускоряющих интенсивность коррозии.

09.08.2015 на территории ТЭЦ-2 произошел аварийный порыв водовода технического водоснабжения. В связи с аварией произошла большая утечка морской воды. Последствиями утечки морской воды стало аварийное отключение порванного водовода на период восстановительных работ, снижение мощностей доставки охлаждающей воды на турбины конденсаторов, что в свою очередь могло привести к выводу их из строя. Кроме того, в зоне затопления оказался строящийся туннель и зона, прилегающая к береговой насосной станции, что привело к неопределимому ущербу экологической направленности.

По результатам обследования проведенного 26.07.2015 сотрудниками Инженерной школы ДВФУ выявлено, что техническое состояние – не-

работоспособное, т.к. фактический срок службы данного трубопровода составляет более 30 лет, средняя глубина коррозионного поражения трубопровода составляет более 50 %, а локально более 80 % по отношению к проектной толщине стенки трубы. Был обследован участок трубы, на котором произошел аварийный порыв. Дефектов по протяженности сварного шва не обнаружены, порыв произошел по основному материалу в связи со сквозной коррозией и утонении стенки трубы.

Кроме того, обследованные участки прокладки трубопровода показали большой износ железобетонных лотков, в которых уложены водоводы, что приводит к затоплению лотков грунтовыми водами, и, соответственно снижению эффективности защиты водоводов от воздействия внешней коррозии.

Выбор мер защиты от коррозии должен проводиться на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом прогнозируемого срока службы и расходов, включающих в себя расходы на возобновление вторичной защиты, текущий и капитальный ремонты и другие расходы. Существует 4 способа защиты: 1) изоляция поверхности труб; 2) электрохимическая защита; 3) повышение химического сопротивления стали; 4) понижение агрессивности среды. Предлагается комбинация двух первых способов, что позволит значительно увеличить долговечность защиты. Выбор способа защиты труб для замены определялся по двум характеристикам: а) эффективность; 2) экономическая целесообразность.

Вариант 1: наружное нанесение цементно-песчаного слоя

Формирование цементно-песчаной облицовки методом набрызга имеет два защитных эффекта [4]. Пассивный достигается за счет чисто механической изоляции стенок труб слоем.

Активный эффект основан на явлении гидратации цемента и пассивации за счет образования субмикроскопического слоя из окислов железа. Этот слой механически изолирован цементным покрытием от воды. Защита цементным камнем связана с образованием на поверхности труб пассивирующей пленки и слоя бетона, имеющего высокое сцепление с металлом. Дополнительный защитный эффект обусловлен формированием пленки из гидратных новообразований. Трещины и щели цементного покрытия, находясь в контакте с водой, самозакупориваются выделяющимся карбонатом кальция, т.е. происходит самозалечивание.

Достоинством цементно-песчаного покрытия является то, что оно не требует перед нанесением тщательной очистки поверхности, обязательной для других типов покрытий, а также низкая стоимость исходных материалов. Процесс нанесения цементно-песчаного покрытия разбит на ряд операций: смачивание поверхности трубы, распределение по ней сухой цементно-песчаной смеси, уплотнение слоя и последующее насыщение водой до минимально необходимого количества. Строительные работы включают отрывку траншеи на захватке длиной 15 м; устройство щебеночного слоя 200 мм; установка деревянной опалубки; подготовка поверхности и нанесение покрытий.

Вариант 2: омоноличивание труб в опалубке

Основные строительные работы включают омоноличивание гидротехническим бетоном класса В15 в опалубке. Контроль производится приборами мониторинга типа "Монитор", ТВ установкой и контроля грунтовой среды. Вариант 2 обладает следующими преимуществами: используется оборудование строительной организации; стоимость бетона низкая; сроки работ до 1 недели.

Защита от биообрастания, коррозии и отложений

Работы трудоемкие, связаны с выводом труб из эксплуатации. Предлагается обеспечить защиту от биообрастания путем обработки морской воды перед входом в циркуляционные системы хлорированием или оксидированием. Цель - обработка воды с возможностью проведения чистки оборудования «на ходу» без демонтажа и разборки, на всем протяжении труб и с учетом условий охраны окружающей среды. Предлагается гидрохимическая промывка для удаления железистых и карбонатных отложений на основе специально приготовленных растворов.

Экономическая эффективность разработанных технологий и материалов определяется увеличением межремонтных сроков до 10-15 лет и дольше, экономией энергоресурсов.

Имеющиеся научные результаты, определяющие мировой уровень проблемы:

- грунтовка и эмаль на основе жидких фракций липтобиолитовой смолы для защиты стальных труб водоводов и теплотрасс;
- рецептура грунтовки (подложки) на основе липтобиолитовой смолы и фторопластово-эпоксидного лака (1-2 основных слоев) для бетонных поверх-

ностей, обладающих уникальными физико-механическими показателями, в частности, по адгезии, возможности нанесения на влажные поверхности;

- биоцидные добавки на основе оловоорганических соединений по оригинальной технологии, либо использования катионных поверхностно-активных веществ типа "ПАГ", выпускаемых отечественной промышленностью;

- технологии дискретного набрызга цементно-песчаной смеси на облицовочном агрегате оригинальной конструкции Рылова Ю.М. (имеются патенты) трех типоразмеров: 400-1000; 1000-1600 и 1600-3000 мм;

- технологии и схемы применения вышеуказанных инноваций (проекты производства работ) на опытно-промышленном образце в реальных условиях эксплуатации на Владивостокской ТЭЦ-2.

Литература

1. Инструкция по нанесению внутренних цементно-песчаных покрытий на стальные водоводы. НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды им. К.Д. Памфилова.

2. Ким Л.В., Фалалеева Н.А. Строительные композитные материалы: монография. - Новосибирск: СибАК, 2014.

3. ТУ 110-31-54-91 Эмаль эпоксидно-липтобиолитовая ЭП-ЛТ-786. Технические условия.

G. Kiyashko (Г.А. Кияшко)

FEFU, Vladivostok

APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES AT SOLVING CITY CONSTRUCTION TASKS (ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ)

Аннотация

При планировании городской территории и осуществлении градостроительной деятельности решается ряд трудоемких задач, требующих учета и анализа многих факторов, поэтому целесообразно применение современных информационных технологий. Предлагаются пути решения некоторых градостроительных задач с использованием не только картографических, но и аналитических возможностей геоинформационных систем. Созданы алгоритмы и модели решений этих задач с использованием

инструментов и средств анализа геоинформационной системы и опробованы на конкретных объектах градостроительства.

В современных условиях постоянной градостроительной деятельности актуальны задачи рационального размещения промышленного, гражданского, транспортного и рекреационного строительства, связанные с эффективным использованием территории, требующие учета и анализа многих факторов [3,4]. В процессе территориального планирования для принятия решений важно учитывать большое число факторов различного характера [1]. Для этих целей выполняют комплексную оценку территории. Составляются карты учета факторов, на основе которых проводится анализ комплексной оценки территории, часто путем визуального сравнения набора карт.

Эти случаи требуют применения геоинформационных технологий, которые позволяют достаточно достоверно моделировать развитие различных пространственных процессов. ГИС предоставляет широкие возможности работы с пространственными данными: решение картографических задач, пространственный анализ и редактирование данных, управление данными. Таким образом, с помощью ГИС можно анализировать большие объемы геоданных, которые могут быть использованы при территориальном планировании. В нашем случае была использована современная геоинформационная система ArcGIS, которая позволяет работать, как с векторными, так и с растровыми данными, и предоставляет широкий набор функций пространственного моделирования и анализа. К работам привлекались студенты в рамках научно-исследовательской работы.

Для решения задачи определения благоприятного места и границы размещения населенного пункта необходимо получить актуальную карту, показывающую, какие участки наиболее благоприятны для его размещения. Искомая территория должна соответствовать нормативной базе в области территориального планирования и отвечать определенным требованиям и условиям. Например, учитывается определенный уклон рельефа, расстояния до источников водоснабжения, инженерных коммуникаций, дорог автотранспорта и железных дорог. Был разработан алгоритм, суть которого заключается в анализе ряда природных и антропогенных факторов, которые в совокупности определяют пригодность территории для размещения населенного пункта. Средствами ArcGIS выполнен ГИС-анализ природно-ресурсного потенциала территории муниципального об-

разования. В процессе анализа применяются операции переклассификации по рангам, наложения и взвешенного суммирования.

Эрозия земель на территории муниципального образования также является важным фактором в градостроительстве [2]. В модели учета развития эрозионных процессов на землях учитывается уклон территории, экспозиция склонов, грансостав почв, тип растительности. Результатом реализации модели является картограмма эрозионной опасности земель территории с учетом различной степени подверженности земель эродированности.

На примере городского округа Приморского края в среде ArcGIS была проведена комплексная оценка и анализ территории округа для выявления участков с благоприятными условиями для гражданского строительства. Факторы комплексной оценки территории в связи с большим объемом информации были разбиты на две группы по четыре фактора. Первая группа состояла из природно-ресурсных (благоприятных для строительства) слоев (Уклоны; Несущая способность грунтов; Глубина залегания грунтовых вод; Уровень стояния вод). Вторая группа состояла из слоев оценивающих степень благоприятности для проживания населения (Водные ресурсы; Транспорт; Уровень электроснабжения территории; Социальные, культурные и бытовые ресурсы). В процессе работы были созданы электронные карты по каждому фактору в группе. Средствами ГИС была разработана модель, позволяющая наложить созданные карты учета факторов и получить конечную карту, которая включила все факторы оценки, и выделить зоны благоприятных условий для гражданского строительства. На основе данной карты с помощью различных запросов ArcGIS был выполнен выбор свободных участков с разрешенным использованием для гражданского строительства, находящихся в благоприятной зоне для строительства.

Постоянная градостроительная деятельность приводит к тому, что на застроенных городских территориях стало сложнее выбрать наиболее оптимальное место для размещения конкретного объекта для строительства. Чтобы подобрать подходящий земельный участок необходимо, помимо кадастровых данных, учитывать требования рельефа к определенному типу строительства, требования градостроительного зонирования территории города, существующую городскую застройку, развитость инфраструктуры, возможность подключения к коммуникациям и многое другое. Для этой цели была создана модель поиска оптимального земельного участка под стро-

ительство объекта с учетом заданных значений определенных выше факторов, реализованная с помощью средств и инструментов ArcGIS.

Разработанные модели и алгоритмы для решения градостроительных задач, реализующие различные пути решения задач и использующие при этом различные средства геообработки и анализа пространственных данных, могут применяться в среде любой полнофункциональной геоинформационной системы с развитыми аналитическими возможностями.

Литература

1. Вильнер, М.Я. Методологические основы анализа и комплексной оценки // Зодчий вестник, 2008. – Вып. 3 (28). – С. 10–13.
2. Изотова Е.А., Кияшко Г.А. Использование ГИС-технологий при определении эрозионной опасности участков на территории административного района // Приоритетные направления развития науки и технологий: Доклады VII Всероссийской научн.-техн. конф. - Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2010. – С.18-21
3. Лебедева А.А. Комплексная оценка рекреационных ресурсов Владивостокской агломерации // Инженерные науки: актуальные проблемы и перспективы развития: Материалы всероссийской научн.-практ. конференции молодых ученых, г.Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2015. – С.8-10
4. Ревзон А.Л. Картографирование состояний геотехнических систем.– М.: Недра,1992. – 223 с.

Kwiatkowski Jacek (Квятковски Яцек)
University of Warsaw, Warsaw, Poland

THE NEW FUNCTIONAL-SPACE IDENTITY OF WARSAW (НОВАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ТОЖДЕСТВЕННОСТЬ ВАРШАВЫ)

Аннотация

Современная урбанистика Варшавы не развивается гармонично, нужно необходимо изменить систему планирования на локальном уровне.

Ключевые слова: устойчивое развитие городов, время, мегаполисы, жители, психологические и социальные проблемы жизни в больших городах.

Keywords: sustainable urban development, time, megacities, inhabitants, psychological and social problems of life in great cities.

Проблема:

Современная урбанистика Варшавы объединяет в себе три главных эпохи и стили: историческую застройку, и застройки в стиле соцреализма или сталинского ампира и модернизма. Ансамбли архитектуры и современной урбанистики рубежа XX и XXI веков практически не функционируют самостоятельно, но являются дополнением для одного из этих трёх главных направлений. Таким образом, город не развивается гармонично, отдельные территории и районы города теряют свою прошлую тождественность, записанную в памяти поколений. Примером может быть продолжающаяся в последнее время общественная дискуссия на тему модернизации и перестройки трёх выдающихся исторических ансамблей в центре столицы Польши. Всё чаще также появляется вопрос о роли высотных зданий и их месте в облике города.

Решение:

Пространство города Варшавы всё более явно становится полем свободной авторской интерпретации архитектора и его произведения (Ренцо Пьяно, Норман Фостер, Хельмут Ян), которые хотят занять особое место в структуре города. Чтобы город мог вернуть равновесие в формировании пространства, необходимо изменить систему планирования на локальном уровне, а особенно область и компетенцию трёх основных планировочных документов – изучение обусловленностей и направлений пространственного благоустройства, местного плана или решения об условиях застройки.

Выводы

Новая функционально-пространственная тождественность Варшавы должна быть создана, опираясь на новый общественный консенсус, как на уровне жителей города, так и осознания Варшавы как столицы Польши. В настоящее время невозможно определить, как изменится образ города в будущем.

Литература

1. Alain de Botton, *Architektura szczęścia*, Warszawa 2010.
2. Aleksandra i Daniel Mizielińscy, *D.O.M.E.K.*, Warszawa 2009.
3. Ayn Rand, *Źródło*, Poznań 2007.

4. Christopher Alexander i in., Język wzorców. Miasta – budynki – konstrukcja, Sopot 2008.
5. Kazimierz Wejchert, Elementy kompozycji urbanistycznej, Warszawa 1980.
6. Le Corbusier, W stronę architektury, Warszawa 2012.
7. Marta Leśniakowska, Co to jest architektura?, Warszawa 1996.
8. Rem Koolhaas, Deliryczny Nowy Jork, Kraków 2013.
9. Springer Filip "Hawaikum. W poszukiwaniu piękna" (wyd. Czarne, wspólnie z ASP i Muzeum Historii Fotografii w Krakowie). 2010
10. Steen Eiler Rasmussen, Odczuwanie architektury, Warszawa 1999.
11. Witold Rybczyński, Dom. Krótka historia idei, Gdańsk-Warszawa 1996.

A. Kopeva, O. Khrapko, E. Golovan, O. Ivanova (A. B. Копьёва 1, O. B. Храпко 2,3, E. B. Головань 2, O. Г.Иванова 4)

¹FEFU, Vladivostok;

²Botanical Garden-Institute FEB RAS; Primorskaya State Academy of Agriculture, Ussuriysk;

³Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok

⁴Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok

**THE MAIN PRINCIPLES OF ARCHITECTURE-LANDSCAPE
MANAGEMENT OF NEAR SCHOOL TERRITORIES (ОСНОВНЫЕ
ПРИНЦИПЫ АРХИТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ПРИШКОЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ)**

Аннотация

Оптимальная архитектурно-ландшафтная организация пришкольных территорий позволяет создавать благоприятные условия для развития личности детей, их физической культуры. Основными принципами архитектурно-ландшафтной организации пришкольных территорий, как и других территорий, предназначенных для детей, являются: создание благоприятного микроклимата, обеспечение безопасности, эстетичности и познавательности окружающей ребенка среды. Важная роль в этом принадлежит зеленым насаждениям, которые на данных территориях выполняют

санитарно-гигиеническую, структурно-планировочную, декоративно-художественную, образовательную и воспитательную функции.

В настоящее время в результате возрастания урбанизации происходит заметное изменение городской среды. Расширение городских территорий вызывает неблагоприятные для человека изменения ландшафта города и его окружения [1]. Эти изменения вызывают необходимость разработки новых подходов к оптимизации городской среды и решения задач, обеспечивающих снижение отрицательного влияния факторов, воздействующих на здоровье человека. Рассматривая подходы к решению этих задач, следует отметить, что в них основное внимание уделяется территориям общего использования, поскольку они являются основными озелененными территориями города и играют ведущую роль в создании благоприятной среды проживания человека. Однако, территории ограниченного использования, такие как территории детских садов, школ, придомовые территории имеют не меньшее значение. Эти территории, как и ландшафт современного города в целом, отражают разнообразие и противоречивость происходящих во внутригородском пространстве процессов.

В данной статье рассматриваются основные принципы организации территорий ограниченного использования на примере пришкольных территорий, которые ранее рассматривались рядом авторов [2]. Данные принципы могут быть использованы для архитектурно-ландшафтной организации любых территорий, предназначенных для детей, например: площадок детских дошкольных учреждений, детских парков. Актуальность постановки данной задачи определена тем, что именно в детском возрасте формируются мировоззрение человека, его эстетическая культура и физическое здоровье.

При организации любой городской территории в настоящее время стоит ряд задач, среди которых основными являются: сохранение и реконструкция существующих естественных ландшафтов и создание искусственных. В отношении пришкольных территорий необходима реконструкция уже имеющихся ландшафтов, так как большинство пришкольных территорий эксплуатируются на протяжении многих лет. В тех случаях, когда создаются новые объекты, первоочередной является задача сохранения имеющихся и создания новых ландшафтов. Основными принципами, которые должны быть положены в основу ландшафтной организа-

ции пришкольных территорий, являются: безопасность, создание благоприятного микроклимата, эстетичность и познавательность. Безопасность предусматривает создание среды, обеспечивающей защиту детей от негативного воздействия физических факторов: запыленности и загазованности воздуха, высокого уровня шума, а также от визуальных агрессивных полей, созданных безликими скупыми формами и красками городского пейзажа. Для обеспечения безопасности детей на пришкольных территориях необходимо оборудование, не способное нанести вред ребенку.

Защита пришкольной территории от негативных факторов тесно связана с задачей создания благоприятного микроклимата, позволяющего проводить на открытом воздухе значительную часть времени: при проведении подвижных игр и во время, свободное от занятий. Для повышения эстетического качества среды пришкольных территорий возможно использование пейзажного подхода, поскольку главной особенностью пейзажного стиля является создание пейзажной картины, повторяющей естественный ландшафт. Пейзажный подход позволяет преодолеть фактор отчужденности человека от природы в городе, снять ощущение определенной враждебности городской среды [1]. При создании посадок в пейзажном стиле преимущество отдается растениям природной флоры [3,4], их использование дает возможность реализовать принцип познавательности и познакомить учащихся с многообразием растительного мира. Непрерывная смена декоративных акцентов из растений природной флоры позволяет детям познакомиться с многоликостью и красотой природных видов растений и повышает интерес к их изучению и сохранению [6].

Пришкольная территория включает несколько функциональных зон: *партерную* перед главным входом для проведения различного рода торжественных мероприятий; *спортивную площадку* для занятий физкультурой и спортом; *игровую зону* для учащихся различных возрастов, предназначенную для проведения подвижных игр и отдыха в свободное от занятий время; *биологическую*, состоящую из учебного дендрария или экологической тропы, предназначенной для изучения естественнонаучных дисциплин.

Важная роль в ландшафтной организации пришкольной территории принадлежит зеленым насаждениям, основными функциями которых являются [5]:

санитарно-гигиеническая (защита от источников антропогенного загрязнения, снижение уровня шума, климаторегулирующее и фитонцидное воздействие);

структурно-планировочная (создание объемно-пространственную структуры, разделение территории на функциональные зоны);

декоративно-художественная (создание композиционных акцентов, фона для зданий и элементов благоустройства, декорирование неэстетичных объектов);

образовательная и воспитательная (имитация и стилизация природного ландшафта с целью познания окружающего живого мира и воспитания в гармонии с окружающей средой).

Следует помнить, что при использовании растений на любой территории, предназначенной для детей, одним из главных условий должно стать полное исключение из ассортимента видов-аллергенов, а также растений с ядовитыми свойствами наземных или подземных органов, обладающих колючками, сильным запахом или иными раздражающими воздействиями, которые могут угрожать жизни и здоровью ребенка [5].

Реализации *санитарно-гигиенической* функции будет способствовать изоляция пришкольной территории от внешних негативных воздействий. Этому будет способствовать, например, создание высокой плотной живой изгороди из пыле- и газоустойчивых видов древесных растений, которая обеспечит наибольшую степень защиты от автотрассы. При оптимизации микроклиматических условий пришкольных территорий важным моментом является улучшение ветрового и светового режимов. Для уменьшения скорости ветра на участке с подветренной стороны желательно предусмотреть преграду из живой изгороди или свободных групп кустарников и невысоких деревьев. Защиту от солнца в полуденные и послеобеденные часы создадут деревья, расположенные с южной или юго-западной стороны. Значительную роль в формировании благоприятного микроклимата сыграет и вертикальное озеленение – создание навесов, беседок на игровых площадках даст возможность проводить тихие игры и занятия на открытом воздухе даже в жаркие дни. Для улучшения микроклиматических параметров участка в структуру зеленых насаждений можно включить виды с ярко выраженными фитонцидными свойствами (можжевельники, ели, сосны и др.).

Создание живых изгородей поможет и при реализации *структурно-планировочной* функции зеленых насаждений. Они дадут возможность отделить одну функциональную зону от другой, организовать направление движения по территории.

Большое значение в организации пришкольных территорий имеет *декоративно-художественная* функция зеленых насаждений. Они дадут возможность придать каждому из участков и всей территории в целом оригинальность, запоминающийся облик. С помощью зеленых насаждений можно задекорировать малопривлекательные сооружения, обеспечить постепенный визуальный переход от крупных структур жилой застройки к более мелким, сомасштабным ребенку элементам. Это позволит снизить визуальное доминирование элементов неживой природы и повысить уровень психологического комфорта детей.

Подобрав определенные ассортименты, используя различные декоративные качества растений (окраска размеры и строение цветков и соцветий; особенности строения и окраски коры стволов и ветвей, окраску и строение листьев и др.), можно создать красочные акценты, меняющиеся на протяжении времен года. Так, зимой акцентами могут стать вечнозеленые хвойные растения, а также некоторые листопадные деревья и кустарники с оригинальной окраской или текстурой коры ствола и ветвей. Весной декоративный эффект создадут раннецветущие растения, раскрывающаяся листва древесных растений. Летом созданные с использованием декоративных многолетних и однолетних цветочно-декоративных культур цветники привнесут яркие краски, которые создадут позитивный эмоциональный настрой, привлекут и задержат внимание ребенка. Осенью украшением пришкольной территории станут яркая окраска листьев разнообразных древесных пород, декоративные плоды деревьев и кустарников.

Образовательная и воспитательная функция зеленых насаждений наиболее ярко выражена при создании учебного дендрария, экологических троп, экскурсионных маршрутов по пришкольной территории, на которой высажены различные по экологическим требованиям, биологическим особенностям и декоративным качествам растения. Разнообразие используемого ассортимента растений на пришкольных территориях будет способствовать активизации познавательного интереса у детей, даст возможность более интересно и на наглядном материале проводить занятия

естественнонаучного цикла, расширить познания ребенка о многообразии природы.

Таким образом, основными принципами архитектурно-ландшафтной организации пришкольных территорий, как и других территорий, предназначенных для детей, должны стать безопасность, создание благоприятного микроклимата, эстетичность, познавательность. Важная роль в этом принадлежит зеленым насаждениям, которые на данных территориях выполняют санитарно-гигиеническую, структурно-планировочную, декоративно-художественную, образовательную и воспитательную функции.

Литература

1. Нефёдов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. СПб., 2002. 295 с.
2. Пугал Н.А. Экология и эстетика пришкольного участка // Школьные технологии. 1998. №3 (ч. V). 48 с.
3. Озеленение пришкольных территорий / О.В. Храпко и др. Владивосток: Изд-во ПК ИРО, 2012. 188 с.
4. Храпко О.В., Копьёва А.В., Колдаева М.Н., Головань Е.В. Пейзажный стиль в ландшафтной архитектуре дальневосточных городов // Новые идеи нового века-2013: Материалы Тринадцатой междунар. научн. конф. = The new Ideas of New Century-2013: The Thirteenth International Scientific Conference Proceedings. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2013. Т. 3. С. 395-399.
5. Головань Е.В. Особенности озеленения детских площадок в условиях г. Владивостока // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. Вып. 44-2. 2011. С. 65-69.
6. Woolley H. Urban open spaces. London & New York: Spon Press, 2005. 260 p.

B. V. Krasnoshchek (Б.В. Краснощек)

FEFU, Vladivostok

**THE DURATION OF FREEZING OF PILES SUBMERSED
TO THE PERMAFROST SOILS (ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВМЕР-
ЗАНИЯ СВАЙ, ПОГРУЖЕННЫХ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ)**

Аннотация

Сваи, погруженные в вечномерзлые грунты, становятся пригодными к эксплуатации в качестве фундаментов лишь после их естественного вмерзания или искусственного вмораживания в окружающую толщу грунта. Этот процесс может быть весьма продолжительным, что тормозит возведение зданий и сооружений. Разработаны различные способы ускорения сроков восстановления мерзлого состояния окружающего сваю грунта : вентиляция полости сваи холодным воздухом, вентиляция полости скважины холодным воздухом, охлаждение полости сваи комбинированной жидкостно- трубчатой установкой, охлаждение полости сваи жидким хладагентом, подачей холодного воздуха непосредственно в окружающий сваю талый грунт. Знать сроки, управлять процессом через выбор оптимального метода производства работ- важнейшая задача строителей.

Ключевые слова. Свайные фундаменты, вечномерзлые грунты, способы вмораживания свай, сроки вмораживания.

Abstract

Piles, immersed in permafrost, be serviceable as the foundations only after their vimerzaniya natural or artificial marajuana in a surrounding layer of soil. This process can be quite lengthy, which hampers the construction of buildings and structures. Developed various ways to accelerate the timing of the recovery of the frozen state of the surrounding pile of soil :ventilation cavity piles cold air ventilation of the cavity well with cold air, cooling the cavity of the piles combined liquid - tube installation, the cooling cavity piles liquid refrigerant, the flow of cold air directly surrounding the pile in thawed soil. Know the terms, manage the process through the choice of the optimal method of production work is the most important task of the builders.

Key words. Pile foundations, permafrost, methods of marajuana piles, terms of marajuana.

V.K. Moor, E.A. Erysheva (В.К. Моор, Е.А. Ерышева)

FEFU, Vladivostok

STRATEGY OF INTEGRATED DESIGN IN PROCESS OF URBAN ENVIRONMENT RECONSTRUCTION (СТРАТЕГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ)

Аннотация

Гуманизация городской среды является центральной задачей современного этапа российской архитектуры, поскольку сложившаяся среда характеризуется недостатками и противоречиями. Для решения этой задачи необходима комплексная реконструкция сложившейся среды. Комплексный подход обеспечивает эффективную социально-функциональную реорганизацию и архитектурно-художественное совершенствование среды. В основе комплексной реконструкции лежат определенные принципы, соблюдение которых может обеспечить последовательное совершенствование и гуманизацию городской среды. Основываясь на таком подходе и принципах реконструкции, на кафедре архитектуры и градостроительства Дальневосточного федерального университета было разработано несколько проектов реконструкции фрагментов городской среды Владивостока, часть из них была реализована.

Создание полноценных архитектурных пространств, насыщенных жизнью, комфортных и уютных, и в то же время художественно выразительных, как правило, происходит в результате длительной эволюции среды. Гармоничная среда возникает в процессе многократных исторических напластований и естественного отбора. Однако процесс исторического развития не всегда приводит к гармонии тех или иных фрагментов городской среды. В любом городе наряду с художественно выразительной исторической застройкой присутствуют районы с художественно малоценной средой. Это в большой степени касается районов современной массовой застройки, где эстетическое совершенство скорее исключение, чем правило.

Зачастую районы нового строительства создаются быстро, не комплексно, с плохим благоустройством и ландшафтным дизайном и в результате вновь сформированная среда характеризуется существенными недостатками и противоречиями. Это приводит к ощущению дискомфорта и неудовлетворенности условиями проживания, среда воспринимается как антигуманная, несоответствующая современным требованиям. Неудовлетворенность средой создает объективные предпосылки преобразования и совершенствования сложившейся среды с целью придания ей более человеческих качеств. Таким образом, гуманизация является стратегической задачей реконструкции (модернизации, реновации) среды в условиях многомерных изменений современного общества [1].

Для того, чтобы гуманизировать сложившуюся среду, необходима комплексная реконструкция. Только она может обеспечить эффективную социально-функциональную реорганизацию и архитектурно-художественное совершенствование среды. В основе комплексной реконструкции среды должны лежать определенные условия и принципы, среди них можно назвать следующие:

1. Соответствие функционально-пространственной структуры среды реальным жизненным процессам и потребностям человека и общества. В основе дисгармонии среды очень часто лежит несовершенство функциональной организации. Люди не могут реализовать в пространстве желаемый спектр функций. Прежде, чем разработать программу реабилитации среды, необходимо выявить и детально проанализировать существующие недостатки. Социально-функциональная программа должна базироваться на конкретных архитектурно-социологических исследованиях и моделировании вариантов поведения в среде. Только при таком подходе возможно создание «живых пространств», т.е. пространств, насыщенных жизнью, обеспечивающих широкий диапазон творческой самореализации человека.

2. Обеспечение безопасности жизнедеятельности и эффективного социального контроля. Это условие становится все более важным в современном динамично меняющемся, неустойчивом мире. Среда не ощущается комфортной, если не обеспечено это основополагающее условие. Для того, чтобы обеспечить безопасность, недостаточно полицейских мер, необходима такая пространственная организация среды, в которой заложены эффективные средства социального контроля и саморегуляции.

Примером такой организации является дворовое пространство при квартальной застройке. Поведение в дворовом пространстве достаточно эффективно контролируется проживающими там людьми. Такая среда способствует снижению преступности, уменьшает возможность антиобщественных действий.

3. *Обеспечение устойчивого развития среды, в том числе экологии культурного ландшафта.* Устойчивое развитие среды включает в себя целый ряд требований, одним из которых является экология в широком значении этого слова, включающая в себя и экологию культуры. Обычно экологию связывают с охраной окружающей среды с учетом антропогенного воздействия. Однако, сохранение духовного и культурного наследия антропогенной среды не менее важно с точки зрения дальнейшего развития общества. Экология культуры предусматривает преемственность в развитии социально-культурного пространства города, гармоническое взаимодействие истории и современности в урбанистическом ландшафте.

4. *Смысловая насыщенность среды.* Информационная, смысловая насыщенность среды создают объективную основу многообразия человеческих впечатлений и переживаний. Семантическое богатство среды способствует эффекту «говорящей архитектуры». Таким образом, гуманизация среды безусловно связана с содержательным богатством среды.

5. *Художественная выразительность и своеобразие среды.* Художественная выразительность – важное условие гармонии среды. Невозможно представить себе гуманистическую среду вне художественной гармонии. Что касается своеобразия, то это качество также имеет важное значения с точки зрения гуманизации среды. Город в целом и его фрагменты должен иметь свою неповторимую идентичность. В этом случае жители гордятся своим местом обитания и стремятся облагородить и благоустроить его.

6. *Сохранение и восстановление наиболее значимых и ценных элементов природного ландшафта.* Сохранение в черте города характерных возвышенностей, участков леса, водных бассейнов и пр. с традиционными для них растениями, насекомыми и животными крайне важно для города и горожан. Связь с природой имеет большое значение для ощущения человечности, гуманности урбанизированного ландшафта.

7. *Сохранение и восстановление наиболее значимых и ценных элементов исторической среды города.* Историческая ткань города придает ему своеобразие и неповторимость, глубину времени, некоторую тайну и

романтичность. В историческом окружении человек чувствует себя причастным к эволюции города, сопереживает основные этапы его развития. Органическое сочетание старого и нового свидетельствует о социально-культурной преемственности в развитии города, и это также важно для гуманистической модели среды.

8. *Создание удобной транспортно-пешеходной структуры города, обеспечивающей рациональное и эффективное (с точки зрения временных затрат) передвижение в пространстве города.* Город, который характеризуется постоянными пробками, большими затратами времени на передвижение, вряд ли может считаться гуманным, поскольку он фактически «пожирает» время и жизнь горожан. Кроме рационального аспекта здесь также важно разнообразие маршрутов и средств передвижения, которые человек выбирает (пешеходные прогулки, велосипед, автомобильный транспорт, трамвай, фуникулер и др.).

9. *Создание развитой структуры общественных пространств, обеспечивающей реализацию многообразных форм общественной жизни.* Значение общественных пространств, где люди могут общаться, ощущая себя частью единого целого, трудно переоценить. Еще Аристотель писал, что город это место, где люди живут коллективно для одной благородной цели. В современных условиях частного предпринимательства существует опасная тенденция приватизации общественных пространств города. Этому подходу необходимо противопоставить целенаправленную стратегию развития общественных пространств, поскольку это способствует гуманизации городской среды.

Стратегия проектирования и реконструкции сложившейся среды должна базироваться на всестороннем и детальном предпроектном анализе, включая структурно-функциональный, структурно-морфологический, семантический и эволюционно-генетический анализ. Такой комплексный анализ позволяет выявить основные недостатки и противоречия среды, определить совокупность ее архетипов, основные композиционные приемы и принципы, ключевые знаки, символы и метафоры, колористические системы и ключи и т. д. С учетом этих данных и на основе сформулированных принципов реконструкции могут быть разработаны проектные предложения, которые позволят реконструировать среду, сделать ее более комфортной и совершенной, сохранив культурно-исторические ценности.

Основываясь на таком подходе и принципах реконструкции, на кафедре архитектуры и градостроительства Дальневосточного федерального университета было разработано несколько проектов реконструкции фрагментов городской среды Владивостока, часть из них была реализована [2,3,4]. Другая часть представляла собой поисковые, экспериментальные проекты, выполненные в рамках дипломного и конкурсного проектирования. До реконструкции эти участки городской среды были неэффективны в функциональном отношении и художественно невыразительны. Комплексный анализ позволил выявить основные недостатки и противоречия этих фрагментов городской среды.

На основе данных предпроектного анализа разрабатывалась концептуальная основа и конкретная программа реконструкции сложившейся среды. При этом учитывались социальные приоритеты и критерии качества среды, выявленные в результате изучения архитектурно-социологических данных и анализа объектов-аналогов. Основные идеи и концепции фиксировались в виде концептуальных тезисов или в форме матрицы идей.

Проектное предложение базировалось на моделировании возможных сценариев функционирования среды, а также на семантическом моделировании художественно-образных характеристик среды. Социально-функциональное моделирование было направлено на поиск новых форм жизнедеятельности и поведения, которые могли бы органично войти в реконструируемое пространство. Семантическое моделирование было направлено на поиск новых семантических конструкций и соответствующих им архитектурных форм, которые могли бы обогатить художественное содержание и образ места. Реализация проектных разработок показала определенную эффективность сформулированных подходов и методик реконструкции среды. Подтверждением этого являются многочисленные дипломы и грамоты, которыми были отмечены экспериментальные проекты.

Литература

1 Реконструкция сложившейся жилой среды приморского города: учебное пособие / А.Г. Бабенко, А.Г. Гаврилов, Е.А. Ерышева, Г.Е. Игнатов, А.В.Копьева, О.В. Масловская, В.К. Моор, С.И. Палиенко. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004. 130 с.

2 Моор, В.К. Формирование владивостокской архитектурной школы. Специальность «Архитектура» в ДВГТУ / В.К. Моор, А.Г. Гаврилов, А.В. Копьева. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. 160 с.

3 Ерышева, Е.А. Лучшие проекты дальневосточной архитектурной школы. Владивосток, Россия / Е.А. Ерышева, В.К. Моор, Т.А. Демидова. Харбин, изд-во Харбинского политехн. ин-та, 2007. 110 с.

4 Моор, В.К. Каталог лучших дипломных проектов. Специальность «Архитектура», ДВПИ-ДВГТУ, 1980-2009: учебное пособие / В.К. Моор, А.Г. Гаврилов. Владивосток: изд-во ДВГТУ, 2010. 88 с.

К. Mingaleeva (К. А. Мунгалеева)

FEFU, Vladivostok

FEATURES OF MODERN ARCHITECTURAL EDUCATION (ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ)

Аннотация

Невозможно недооценить повсеместного влияния информационных технологий на современное общество. Особенно явно последующие изменения прослеживаются в архитектурном образовании; внедрение информационных технологий ведет к вытеснению ручной подачи архитектурных студенческих проектов, замене макетного поиска пространственных решений на аналогичный поиск, но уже в программах трехмерного моделирования. Встает вопрос о необходимости обладания абитуриентом таланта к изобразительному искусству для успешного овладения профессией архитектора, а также о наличии зависимости между наличием художественного вкуса и художественной подготовленностью к учебе в архитектурном ВУЗе.

Повсеместное включение в образовательный процесс информационных технологий подводит к вопросу о необходимости обладания абитуриентом творческими навыками, способностями (например к рисованию), как обязательным условием для обучения в архитектурном ВУЗе и занятий искусством. Необходимо ли наличие таланта в изобразительном творчестве для освоения профессии зодчего?

При поступлении в архитектурные ВУЗы повсеместно продолжают проводиться творческие испытания для абитуриентов, на основании которых, соответственно, происходит зачисление в ВУЗ. На этих испытаниях

проверяется наличие навыков пространственного и композиционного мышления, обладание изобразительным талантом, способность структурировать форму и анализировать объект.

Конечно, часть из этих требований необходима в работе архитектора, но как быть с талантом рисовальщика? Раньше, при неизбежной необходимости ручной подачи, которая являлась единственным способом представить проект, умение рисовать являлось обязательным. Хотя в США рендерингом (непосредственной подачей – рисованием проектов) занимались специально обученные группы людей.

В современном мире, с необыкновенным развитием технологий и их активным включением в различные сферы жизни, в том числе науку и образование, компьютерная подача проектов практически полностью вытеснила ручную. Более того, предварительный поиск композиционного решения, образа будущего объекта, ведется в виртуальной плоскости, с помощью графических редакторов и программ трехмерного моделирования. Макетирование также вытесняется программами объемного скетчинга и моделинга.

Появляется вопрос – а так ли необходимо умение рисовать современному архитектору и студенту архитектурного ВУЗа? С приходом в образовательный процесс компьютерного моделирования, основным фактором результативности процесса проектирования будет являться развитое объемно-пространственное мышление студента и наличия у него таланта.

В настоящий момент компьютерное моделирование и использование студентом компьютерной графики начинается с первого-второго курсов, а освоение программ начинается еще со школы; а применения изобразительных навыков, кроме как в живописи и академическом и архитектурном рисунке не, требуется.

Хорошим примером, доказывающим независимость изобразительного таланта от таланта к архитектурному творчеству, являются такие случаи, когда студент с очень низкими вступительными баллами и низкими отметками по промежуточным аттестациям по рисунку и живописи, с началом работы с графическими редакторами и программами моделирования показывает очень высокие результаты и демонстрирует очевидный талант архитектора либо дизайнера. И напротив, студенты высокобалники, отлично рисующие, не справляются с элементарными заданиями по архитектурному и композиционному моделированию.

Происходит это по причине того, что к вступительным экзаменам хоть и сложно, но возможно чисто технически, зная требования к экзаменационной работе и алгоритм ее выполнения, имея за плечами художественную школу, "натаскать" абитуриента и поступить, что на этом этапе и требуется. Черчение также доводится до автоматизма в течение года, поэтому творческое испытание для одних, быть может менее талантливых, но чисто технически более подготовленных, становится "счастливым билетом" в ВУЗ, а для других, талантливых, с нужным типом мышления, но с меньшим или худшим уровнем подготовки - труднопреодолимым препятствием.

Именно поэтому, потом с удивлением можно обнаружить среди учащихся на договорной основе очень талантливых студентов, с высоким уровнем успеваемости, и наоборот, среди бюджетников – слабых студентов, которые отчисляются в течение первых лет обучения, освобождая свои бюджетные места более достойным.

Таким образом, можно согласиться с тем, что уровень рисовального мастерства не всегда является показателем талантливости будущего студента.

В продолжение темы коснемся художественного вкуса. Возникает вопрос - вкус: един ли он для всех сфер жизни или различен? Может ли он отсутствовать в архитектурном творчестве при одновременном наличии в повседневной жизни? Воспитывается ли вкус, прививается ли? Очевидно, что здесь, как и везде, сработает метод практики - чем больше насмотренность и практическое применение навыков стиля, тем выше успех. Недаром существует правило 10000 часов, описанное в книге Гладуэлла, согласно которому наивысшего успеха достигает не самый талантливый, а тот, кто уделит своему ремеслу 10000 часов. Очевидно, что наличие вкуса в повседневности не всегда сопутствует умению рисовать и художественному образованию.

Поскольку чувство стиля и вкуса прививаются, неудивительно что по прошествии нескольких лет обучения студенты, первоначально демонстрировавшие не самый лучший результат в своих творческих работах, впоследствии выполняют действительно достойные и стильные работы. То есть, теория от 10000 часов практики работает!

Следовательно, в контексте архитектурного образования немаловажное значение, если не первостепенное, имеет практика, поэтому готовится к обучению в архитектурном ВУЗе следует заранее; другое дело, что нельзя не

принимать во внимание талант - при его наличии, как правило, подготовка к архитектурному образованию строится сама собой - через центры довузовского архитектурного развития, художественные школы и творческие студии. Абитуриенты, талантливые, но не имеющие предварительного художественного образования не редкость, но встречаются все таки не так часто.

Хорошим показателем дальнейшей профпригодности студента-архитектора, помимо переводной клаузуры, является активное использование в процессе обучения объемного моделирования, макетирования как прикладного, ручного исполнения, с использованием различных материалов, так и в виртуальной плоскости.



Рис. 1. Примеры макетирования в магистратуре в университетах Японии

Этот способ больше раскрывает потенциал студента, и снижает зависимость результата от способностей к рисованию; кроме того, различные результаты, получаемые в результате использования нетипичных материалов расширяют возможности и варианты моделирования, показывают новые горизонты, возможности работы материала, предсказывают новые способы формообразования. Макетный способ помогает прочувствовать работу конструкций и ритм.

Примечательно, что макетирование в реалиях российских ВУЗов ограничивается в основном бумажным макетированием, в лучшем случае, с использованием пенокартона или пластика, и ведется подобная практика преимущественно на начальных курсах.

Основываясь на опыте зарубежных стран, можно сказать, что в их случае использование макетной практики с применением различных материалов часто встречается на старших курсах, а также в программах магистратуры.

На их примерах встречаем применение таких материалов, как: полиэтилен, дерево, проволока, пенопласт, нити, ткани, гипс, цемент, листы жести и других металлов, а также стекла и пластилина. Подобное макетирование сопровождается изучением свойств готовых форм - оболочек, конструкций; они выступают в качестве шага к пониманию формообразования, основанному на их открытиях.

Кроме того, зачастую макетирование сопровождается оцифровкой результатов и формированием алгоритмов, на основе которых потом проектирование будет вестись в трехмерных программах.



Рис. 2. Примеры экспериментальных занятий с материалами в магистратуре в университетах Японии

Либо процессы в средах, представленных в цифровом виде, таких, как например жидкость и воздух, затем находят воплощение в бумаге, стекле, целлофане.

Естественно, что некоторые из этих процессов невозможно провести в реалиях российского ВУЗа, но включить в процесс макетирования инструменты и материалы, типа пластилина, стекла, дерева, привлечь использование подручных средств возможно.

Таким образом, становится очевидно, что для качественного состава будущих групп обучающихся студентов, необходимо заранее вести подготовку и отбор лучших. Также стоит включить в курс объемно-пространственной композиции работу с нетрадиционными материалами и уделить внимание анализу результата и его взаимосвязи с исходными данными. Эти методы помогут развить и сформировать у студентов представление о работе материалов и обогатят их взгляд на вариативность композиционного поиска.

*G. Slavcheva, E. Chernyshev, L. Kim (Г.С. Славчева 1, Е.М. Чернышов 1
Л.В. Ким 2)*

¹Voronezh State Technical University, Voronezh

²FEFU, Vladivostok

**MOISTURE SHRINKAGE OF MODIFIED CEMENT STONE
AT THE PROCESS OF EARLY WATERING OUT AND AFTER AGING
(ВЛАЖНОСТНАЯ УСАДКА МОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕМЕНТ-
НОГО КАМНЯ В ПРОЦЕССЕ РАННЕГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ И
ПОСЛЕ СТАРЕНИЯ)**

Аннотация

В статье представлены результаты изучения влажностных деформаций модифицированного цементного камня (содержащего микрокремнезем и суперпластификатор) при двух вариантах реализации процесса: при обезвоживании искусственно состаренного цементного камня (возраст более 1 года) и при начале обезвоживания непосредственно после распалубки в возрасте 1 суток. Охарактеризована кинетика изменения влагосодержания и деформирования цементного камня. Результаты оценки усадочных деформаций соотнесены с параметрами структуры материала. Установлено, что для рассмотренных вариантов обезвоживания величина усадки при изменении влагосодержания на 1% для образцов модифицированного цементного камня в 2 раза выше, чем для цементного камня немодифицированного эталонного состава.

Принципиальные достижения науки и практики высокопрочных бетонов (НРС) базируется на следующих факторах: низком В/Ц=0,2-0,3, комплексном применении микро- и нанокремнезема и эффективных пластификаторов. Высокая прочность и долговечность данных бетонов определили их широкое применение в каркасах высотных зданий, мостов, тоннелей и др. Как правило, эти особо ответственные и уникальные сооружения имеют высокий модуль поверхности конструкций (отношение площади поверхности конструкции к ее объему). Поэтому влагообмен и, соответственно, влажностные деформации бетонов непосредственно влияют

на напряженно-деформированное состояние и функциональные характеристики конструкций. Проблема развития деформация и напряжений НРС является предметом детального изучения с момента получения данных бетонов по настоящее время [1-8]. Однако, во всех этих исследованиях, деформационное поведение бетона рассматривается в условиях, когда высыхание бетона начинается в раннем возрасте, и влажностная усадка развивается на фоне процессов гидратации и соответствующей гидратационной усадки. В конструкциях же с высоким модулем поверхности влажностные деформации могут привести к развитию существенных напряжений не только в начальный период, но и на протяжении всего срока эксплуатации от переменного увлажнения-высушивания.

Идея эксперимента заключалась в изучении и сопоставлении особенностей развития влажностных деформаций модифицированного цементного камня при двух вариантах реализации процесса.

1. Обезвоживание начинается непосредственно после распалубки цементного камня в возрасте 1 суток, в этом случае общая усадка складывается из гидратационной и влажностной усадки. В экспериментах серии образцов цементного камня, изготовленных для оценки деформаций цементного камня твердели в течение 1 суток в формах под пленкой. Затем непосредственно после распалубки образцы в эксикаторы с различной влажностью среды хранения.

2. Обезвоживание развивается для «старого» цементного камня (возраст более 1 года), в этом случае общая усадка должна преимущественно определяться влажностной усадкой. Для моделирования искусственного старения образцы после твердения в течение 28 суток в нормальных условиях помещались в камеру, где хранились при температуре $55 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 90 суток, затем помещались в эксикаторы с различной влажностью среды хранения.

В экспериментах исследовался цементный камень (таблица): контрольного состава и модифицированных составов МВ-8 и МВ-30. Образцы изготавливались из цементного теста постоянной консистенции для всех составов (распływ 180 мм), соответствующей консистенции цементного теста контрольного состава. В/Ц отношение смесей МВ-8 и МВ-30 для достижения заданной консистенции регулировалось путем введения суперпластификатора.

Таблица 1

Характеристика составов цементного камня

Материал	Соотношение по массе		
	эталон	МВ-8	МВ-30
Цемент	1,0	1,0	1,0
Микрокремнезем	-	0,08	0,3
Пластификатор	-	0,005	0,018
В/Ц	0,40	0,34	0,24

Для изготовления образцов цементного камня применяли портландцемент СЕМІ 52,5нге, соответствующий требованиям российского стандарта ГОСТ 31108-2003 (гармонизирован с СЕН EN 197–1), микрокремнезем (содержание SiO₂ 80%, удельная поверхность 24500 м²/кг); суперпластификатор марки SikaViscoCrete20HE на основе поликарбоксилатных эфиров.

В экспериментах для оценки деформаций и потери массы использовались образцы-пластины размером 10×40×160 мм. Вследствие малой толщины образцов градиент по влагосодержанию внутренних и поверхностных слоев материала остается в течение процесса высыхания минимальным. Серии из 6 образцов помещали в эксикаторы над насыщенными растворами солей, где создавалась влажность 20, 30, 50 и 70%. Выдерживание в эксикаторах производилось при постоянной температуре (20±2)⁰С до стабилизации их массы и линейных размеров. Контроль массы и размеров осуществлялся в сроки 1, 3, 7, 14, 28 суток с момента помещения в эксикаторы и далее через каждые 14 суток.

Параллельно для всех серий цементного камня с использованием комплекса физико-химических методов исследований контролировались удельная площадь поверхности твердой фазы, общий объем пор, а так же объем пор с радиусом меньше 20 нм, степень гидратации цемента. поверхностная энергия твердой фазы.

1. Комплексное использование микрокремнезема и суперпластификатора сопровождается изменением структурных характеристик, критериев для влажностной усадки: уменьшением объема пор и среднего радиуса пор, повышением площади поверхности и поверхностной энергии твердой фазы цементного камня. Наиболее плотная структура цементного камня обеспечивается для серии МВ-30. Общий объем пор в структуре составляет 0,24 м³/м³ при содержании пор радиусом менее 20 нм до 40 % от общего их объема. Введение микрокремнезема сопровождается увеличением удельной площади поверхности по отношению к контрольной системе приблизительно в 1,3 раза, а теплоты смачивания поверхности во-

дой в 1,8-2,2 раза. В связи с предельно малым свободным объемом порового пространства для развития процессов структурообразования для модифицированного цементного камня степень гидратации цемента в 28-суточном возрасте снижается до 64-66% по сравнению с 82% в контрольных образцах.

2. Структурные изменения оказываются фактором роста силы связи структуры с водой для модифицированного цементного камня: уменьшение влагопопери при высыхании может достигать почти пятикратной величины по сравнению с обычным цементным камнем. Поэтому для модифицированных систем эффекты понижения степени гидратации цемента и прочности при длительном хранении в воздушно-сухих условиях мало выражены, и составляют не более 10% и 15 % соответственно.

3. Сопоставление кинетики деформирования цементного камня в модельных условиях по варианту 1, (обезвоживание начинается в раннем возрасте и происходит на фоне развития процессов гидратации и твердения), и варианту 2 (обезвоживание после искусственного старения) позволяет утверждать, что для модифицированных цементных систем в любом возрасте более существенное значение для общей величины эксплуатационной усадки имеют влажностные деформации, чем для обычного цементного камня. Для модифицированного цементного камня отличие в значениях деформаций образцов, процесс высыхания которых начался в возрасте 1 суток, и образцов, высушенных после искусственного старения, составляет 35-70% на начальном этапе развития процесса, и не превышает 10-20 % в итоге. Для образцов немодифицированного цементного камня это различие достигает 2-4 раза.

4. Оценка зависимости влажностных деформаций цементного камня от влагопотери при обезвоживании позволила рассчитать коэффициент линейной усадки β (относительные деформации материала (мм/мм) на единицу изменения его влагосодержания (г/г).

По итогам обобщения совокупных данных по величинам влажностной усадки и влагопотери цементного камня исследованных серий при обезвоживании в средах с $RH = 20, 30, 50, 70\%$ расчетная величина коэффициента линейной усадки составила: $\beta_{control} = 0,017, \beta_{MB-8} = 0,032, \beta_{MB-30} = 0,036$. При этом в рамках аналогичных серий значения β для состаренных образцов и образцов, деформации которых складываются из гидратационной и влажностной усадки, одинаковы, несмотря на выявленные отличия на кинетических кривых усадки $\varepsilon = f(\tau)$. Следовательно, величина усадки для модифицированного цементного камня серий MB-8 и MB-30 при изменении их влагосодержания на 1% окажется в 2 раза выше, чем усадка обычного цементного камня при всех вариантах обезвоживания.

Литература

1. Hansen W. Drying shrinkage mechanisms in Portland cement paste // J Am Ceram Soc, 70(50), 2005. P. 323–328.
2. MeloNeto A.A., Cincotto M.A., Repette W. Drying and autogenous shrinkage of pastes and mortars with activated slag cement // Cement and Concrete Research, V. 38, I.4, 2008. P. 565-574.
3. Soliman M., Nehdi M.L. Effect of drying conditions on autogenous shrinkage in ultra-high performance concrete at early-age // Materials and Structures, 44, 2011. P. 879–899.
4. Theiner Y., Hofstetter G. Evaluation of the effects of drying shrinkage on the behavior of concrete structures strengthened by overlays // Cement and Concrete Research, V. 42, 9, 2012. P. 1286–1297.
5. Zhutovsky S., Kovler K. Effect of internal curing on durability-related properties of high performance concrete // Cement and Concrete Research, 42, 2012. P. 20–26.
6. Maruyama I., Nishioka Y., Igarashi G. et al. Microstructural and bulk property changes in hardened cement paste during the first drying process // Cement and Concrete Research, V. 58, 2014. P. 20-34.
7. Aïtcin P.C. The durability characteristics of high performance concrete: a review // Cement and Concrete Composites, 25, 2003. P. 409–420.
8. Taylor P., Wang X. Concrete Pavement Mixture Design and Analysis (MDA): Factors Influencing Drying Shrinkage. In Trans Project Reports, paper 75, 2014.

G. Snezhkov, S. Leonovich (Д.Ю. Снежков, С.Н. Леонович)

Belarusian National Technical University, Minsk

**AUTOMATIC MONITORING OF THE STATE OF BEARING
STRUCTURES OF SKYSCRAPER BUILDINGS
(АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ
НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ)**

Аннотация

Назначением автоматизированных информационно-измерительных систем мониторинга деформационного состояния несущих конструкций здания является снижение риска аварийных ситуаций на основе ранней диагностики изменений напряженно-деформированного состояния конструкций и локализации мест такого изменения. В статье рассматривается

система основанная на регистрации изменений углов наклона элементов каркаса здания датчиками - инклинометрами. Для определения характера деформации каркаса предлагается использовать показатели корреляции угловых перемещений его элементов.

При возведении высотных³ и уникальных по архитектуре зданий зачастую становится проблематичным использовать несущие конструкции с большими запасами прочности, что при сочетании неблагоприятных факторов может увеличить риск их разрушения. А использование высокопрочных бетонов склонных к хрупкому разрушению может создать предпосылки прогрессирующего обрушения конструкций. В связи с этим, с целью обеспечения необходимого уровня безопасности, как на стадии возведения, так и в период эксплуатации здания, важную роль приобретают системы автоматизированного мониторинга за деформационным состоянием несущих конструкций здания.

Назначением информационно-измерительной системы автоматизированного мониторинга является снижение риска аварийной ситуации на основе ранней диагностики изменений напряженно-деформированного состояния конструкций и локализации мест такого изменения.

По действующему в Беларуси ТКП 45-3.02-108-2008 – «Высотные здания. Строительные нормы проектирования» для всех проектируемых в Республике высотных зданий «... необходимо предусматривать научно-техническое сопровождение, включающее комплекс мероприятий, в том числе геотехнический мониторинг, мониторинг состояния несущих конструкций и фасадных систем, необходимые испытания конструкций и материалов, аэродинамические испытания и др.».

Структурно в системе автоматизированного мониторинга можно выделить два уровня:

- технический, в который входит собственно система сбора информации с сенсорными элементами, физическим интерфейсом объединения сенсоров в информационную сеть, центральным сервером под управлением программного пакета *SCADA* (*supervisory control and data acquisition*)

³ Высотным является многоэтажное здание жилого назначения высотой от 75 до 100 м включительно, общественного и многофункционального назначения - высотой от 50 до 200 м включительно

для сбора, архивации, долговременного хранения информации и обеспечения доступа к ней ответственных лиц;

- уровень принятия решений, ядром которого является алгоритм распознавания приближения аварийной ситуации по совокупности фактических значений полученных от сенсоров параметров деформации контролируемых элементов.

В настоящее время на рынке приборных средств нет недостатка в предложениях такого рода измерительно-информационных систем. Типичными контролируемыми параметрами являются величины линейной деформации, углы наклона и колебательное ускорение. Дополнительно могут устанавливаться сенсоры скорости и направления ветра, сенсоры температуры, а также датчики акустической эмиссии.

Было бы идеальным снабдить каждый элемент силового каркаса здания всем перечнем сенсоров. В реальности конструктору приходится руководствоваться принципом разумной достаточности, принимая в рассмотрение конструктивную схему здания, характеристики грунта, диапазон рабочих нагрузок, вероятные техногенные и прочие факторы, а также характер использования помещений. Установка датчиков линейной деформации, независимо от физического принципа их работы, требует достаточно протяженной базы, на которой производится регистрация взаимного перемещения контрольных точек силового каркаса. Но это может быть неприемлемым по условиям монтажа или архитектурным или эстетическим соображениям. Выбор ключевых контролируемых конструкций и количество устанавливаемых сенсоров должен производиться на основе анализа вероятностных моделей деформации каркаса, что является нетривиальной задачей, зависящей от конкретного конструктивного исполнения здания, эволюции упруго-прочностных характеристик конструкционных материалов, характеристик грунтов и внешних воздействий. Ясной, однозначной регламентации этого вопроса действующими нормативами в настоящее время нет.

Рассматриваемый в этой статье один из “эконом-вариантов” основан на использовании датчиков угловых перемещений – так называемых инклинометров. Типичные модели инклинометров обеспечивают измерение углов своего наклона в двух ортогональных вертикальных плоскостях X и Y (рис. 1). Система установки инклинометров должна обеспечивать максимальную информативность, позволяя регистрировать наиболее вероят-

ные изменения геометрии несущего каркаса здания. С таких позиций наиболее эффективными местами установки инклинометров являются несущие колонны в осях по периметру дисков перекрытий монолитного каркаса. Для прямоугольных в плане зданий целесообразно устанавливать инклинометры на угловых колоннах.

Некоторые наиболее вероятные деформационные изменения несущего каркаса представлены на рис. 2. Для всех приведенных схем факт деформации каркаса может быть зарегистрирован по изменению углов наклона контролируемых колонн, а конкретный вид деформации – по показателям корреляционных связей углов наклона. На рис. 2,б показана деформация горизонтального сдвига каркаса в пределах одного этажа здания: изменяются углы наклона колонн одного этажа, колонны смежные по высоте с контролируруемыми сохраняют свое угловое положение. На рис. 2,в отображен наклон всего каркаса здания: углы наклона смежных по высоте колонн одинаковы. Схемы корреляционных связей в пределах одного этажа по рис. 2,б и рис. 2,в совпадают. Отличие рис. 2,в состоит в появлении корреляции углов наклона колонн k -го этажа с углами колонн $k+1$ или $k-1$ этажей. Ориентация осей колонн и наименования углов наклона на рис. 2, рис. 3 выполнены в соответствии с рис. 1.

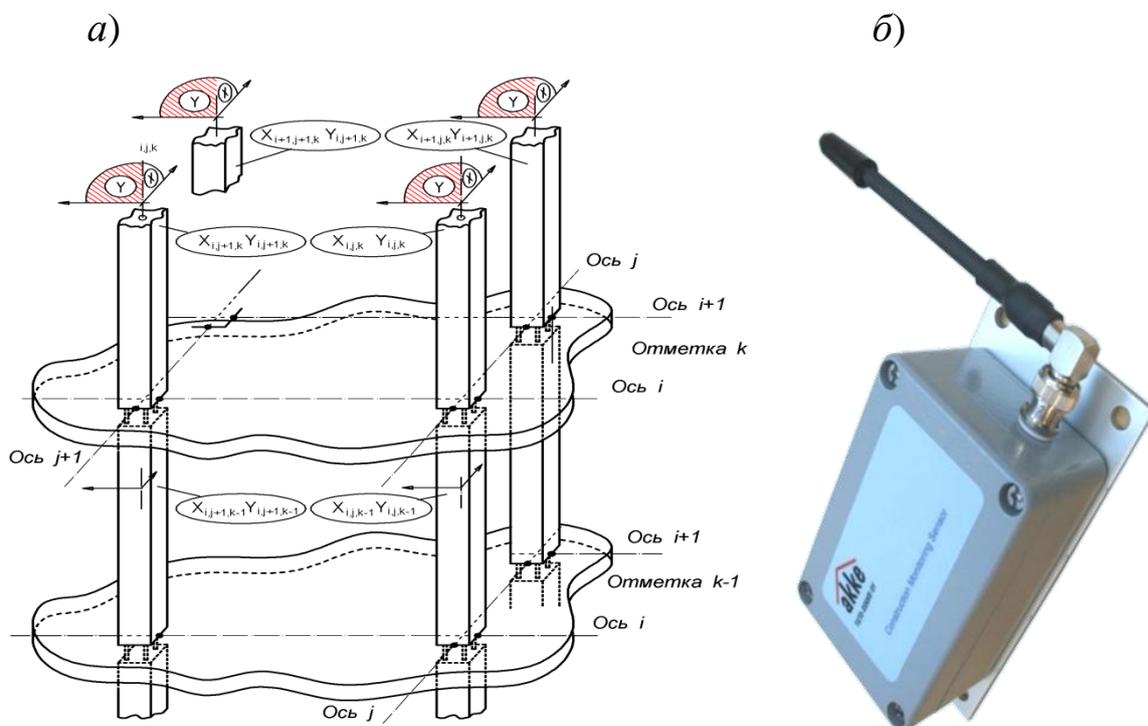


Рис. 1. Схема привязки индексов инклинометров и углов наклона колонн к осям здания
(а); сенсор-инклинометр с беспроводным интерфейсом (б)

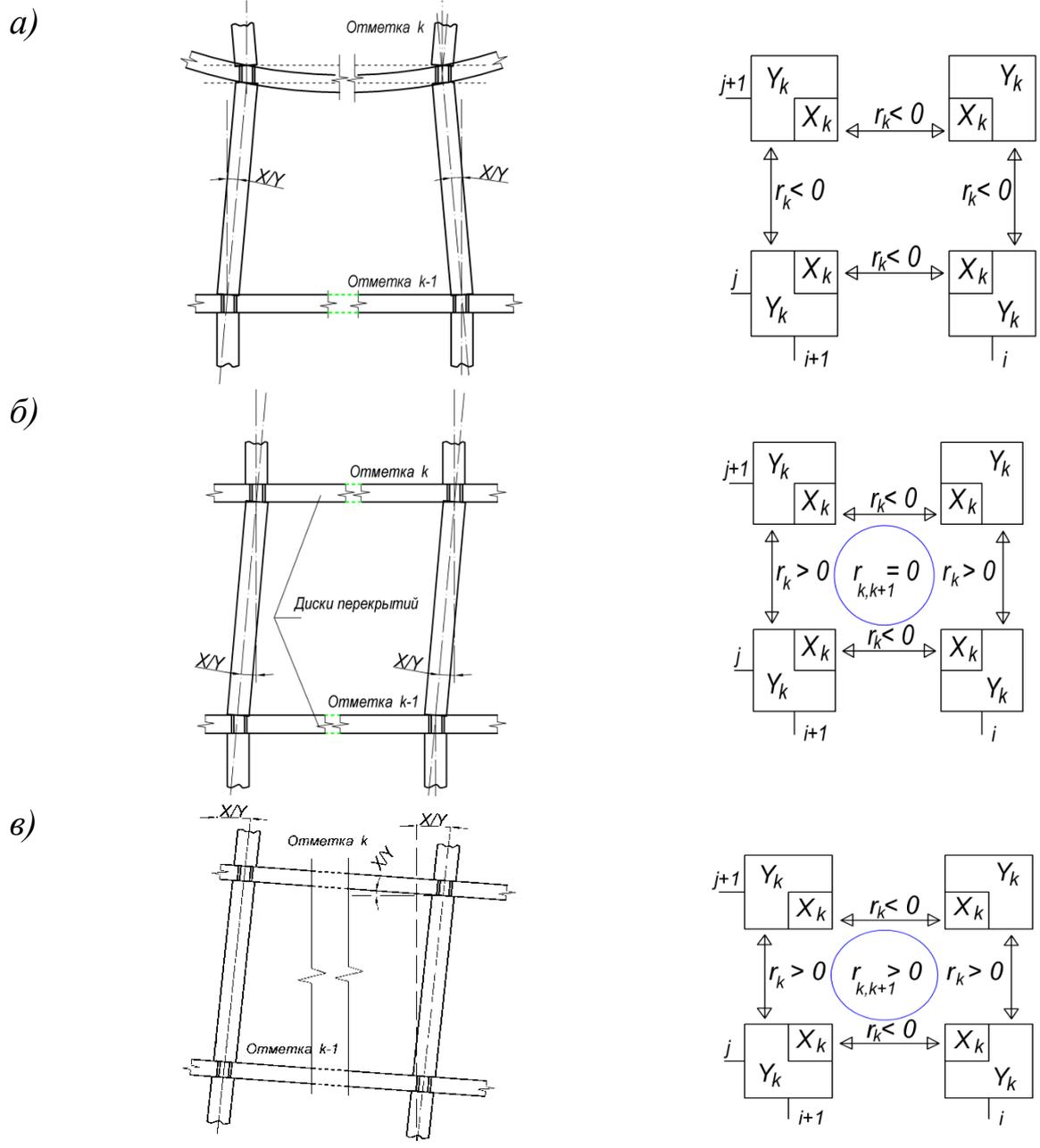


Рис. 2. Схемы деформации фрагментов несущего каркаса здания (слева); соотношения коэффициентов корреляции углов наклона колонн (справа)

V. Tarasov (B.B. Тарасов)

**Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy,
Vladivostok**

**MODELLING OF ICE FAILURE BY THE DEVICE OF ACTIVE
ICE PROTECTION OF MARINE OBJECTS (МОДЕЛИРОВАНИЕ
РАЗРУШЕНИЯ ЛЬДА УСТРОЙСТВОМ АКТИВНОЙ
ЛЕДОЗАЩИТЫ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ)**

Аннотация

При эксплуатации буровых платформ на шельфе северных морей необходима защита от экстремальных ледяных образований (торосов, айсбергов, полей большой толщины). Имеющиеся конструкции активной защиты морских объектов основаны на различных механизмах разрушения льда, что предопределяет важность моделирования для оценки их эффективности. Изложена методика математического моделирования процесса разрушения льда шипами вращающегося барабана с использованием теории удара твёрдых тел.

Учет воздействия ледяного покрова является одной из наиболее сложных задач при проектировании морских объектов. Эксплуатации бетонных оснований гравитационного типа на шельфе Сахалина с высокой динамикой дрейфа ледяных образований сопряжена с рядом проблем, в частности, о определения ледовой нагрузки и точности методов расчета с учетом структуры, свойств и механизмов разрушения льда. Процесс формирования ледовых воздействий в значительной степени определяется механизмом разрушения льда в зоне контакта, который влияет на динамические характеристики процесса взаимодействия. Рассмотрена задача математического моделирования контактного взаимодействия в системе "лед-сооружение".

Известны такие методы расчёта как классический ньютоновский, метод Герца, плоской волны Сен-Венана. В данной работе рассматривается механический удар, процесс которого связан с соударением двух или нескольких тел. Удар характеризуется и измеряется ударным импульсом с параметрами: модуль импульса; время удара; максимальное значение силы удара; форма импульса.

В классической теории удара обычно не выделяют зависимость ударных процессов от формы импульса [2].

Остановимся на возможностях модели абсолютно твёрдого тела и решения Ньютона.

Активная ледозащита производится вращающимся барабаном (рис. 1) с шипами, имеющим постоянную угловую скорость ω_0 . Уравнение для момента импульса относительно оси вращения барабана можно выразить через проекции импульса на оси и соответствующие плечи (рис. 1).

$$J_B \cdot (\omega_1^B - \omega_0^B) = S_z \cdot y_A - S_y \cdot z_A \quad (1)$$

где J_B – момент инерции массы барабана с учётом присоединённой массы воды относительно оси вращения; ω_0^B и ω_1^B – скорости вращения до и после удара; R_a – расстояние от оси барабана до точки удара; S – проекции вектора импульса.

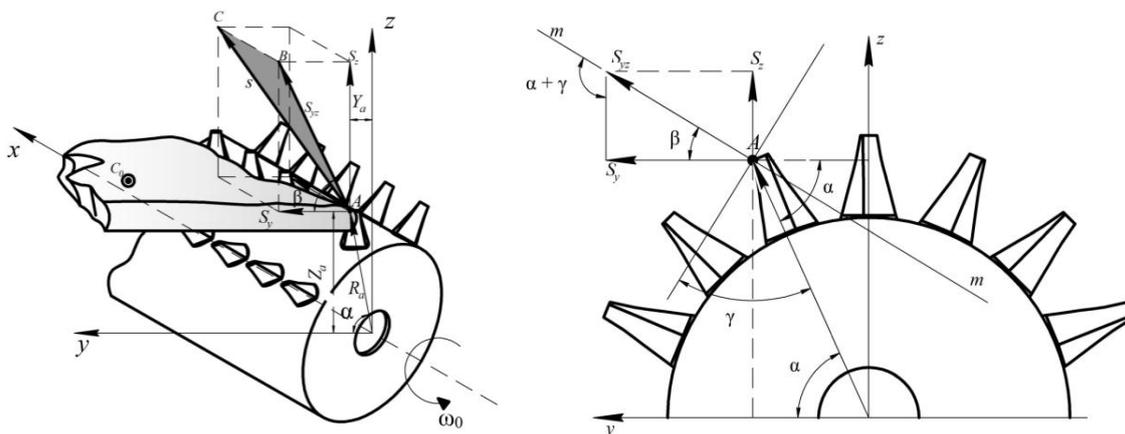


Рис. 1. Действующие силы на барабан

Учитывая выражения для проекций (рис. 1), имеем

$$J_B \cdot (\omega_1^B - \omega_0^B) = R_A \cdot S_{yz} (\cos \alpha \cdot \sin \beta - \sin \alpha \cdot \cos \beta) \quad (2)$$

Величины R_A и α для заданной проекции шипа на плоскость $R_A = f(\alpha)$ определяют случайное положение проекции точки удара на плоскость торца барабана. Рассматривая силовые компоненты взаимодействия шипа барабана и льдины (рис. 3), угол β можно выразить через другие случайные углы α и γ .

Рассматривая движение льдины в процессе удара как поступательное вместе с центром тяжести и вращательное вокруг мгновенной оси, проходящей через центр тяжести льдины, и, применяя законы изменения количества движения и моментов количества движения, получим выражение

$$\left. \begin{aligned} J_{\lambda} \omega_1^{\lambda} &= R_c \cdot S_v, \\ S_v^{\lambda} &= v_v^{\lambda} \cdot m_{\lambda}, \\ S_p^{\lambda} &= v_p^{\lambda} \cdot m_{\lambda} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

В данном случае скорость льдины до удара предполагается равной нулю. Данные уравнения описывают вращательное и поступательные движения льдины в плоскости, проходящей через вектор импульса и центр массы льдины. В результате преобразований уравнений получим

$$S_v^{\lambda} = m_{\lambda} \cdot \left(\frac{m_{\lambda} \cdot R_c^2}{J_{0,\lambda}} + 1 \right) \cdot v_s^{\lambda} \cdot \sin \theta \quad (4)$$

Таким образом, система разрешающих уравнений принимает вид

$$\left. \begin{aligned} J_B \cdot (\omega_1^B - \omega_0^B) &= -R_A \cdot S \cdot \sin \varphi \cdot \cos \gamma \\ S_v^{\lambda} &= m_{\lambda} \cdot \left(\frac{m_{\lambda} \cdot R_c^2}{J_{0,\lambda}} + 1 \right) \cdot v_s^{\lambda} \cdot \sin \theta \\ S_p^{\lambda} &= m_{\lambda} \cdot v_s^{\lambda} \cdot \cos \theta \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Процесс удара шипа о льдину или ледяное поле можно разделить на два этапа. На первом этапе, в начале удара, происходит смятие кромки. Затем вертикальная составляющая контактного усилия вызывает изгиб льдины (рис. 2).

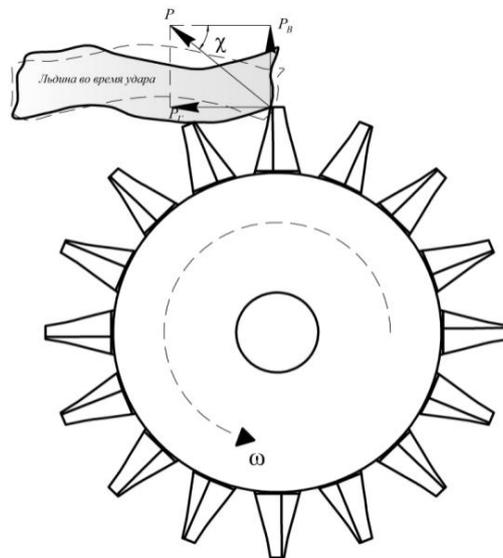


Рис. 2. Схема удара с учётом изгиба льдины

При ударе шипа о разрушаемую льдину имеет место лишь первый этап, когда контактное усилие возрастает от нуля до величины, вызывающей разрушение льда. В случае, когда льдина не может быть прорезанной шипом барабана, возникает её изгиб. Если при этом льдина не разрушается, то происходит заклинивание барабана. Таким образом, в процессе уда-

ра лопасти о льдину кинетическая энергия барабана расходуется на смятие и изгиб льдины или ледяного поля.

Учитывая сказанное, преобразуем формулу коэффициента восстановления к виду:

$$k = 1 - \sqrt{\frac{\sigma_c^A}{\sigma_c^B} \cdot \left(\frac{E_B}{E_L}\right)^{0,5}} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_c^A + \sqrt{\frac{3}{4} E_L \cdot \gamma}}{\sigma_c^B + \sqrt{\frac{3}{4} E_B \cdot \gamma}}} \quad (5)$$

Качественные результаты исследования работы барабана с шипами в условиях ледового плавания показывают, как уже выше отмечалось, что многие параметры, определяющие ударные силы, являются величинами случайными. В этом случае можно было бы предположить, что исследование не может привести к конкретным выводам. Исходя из значения массы льдины, а также учитывая, что на каждый метр барабана приходится порядка 3 шипа, удельное давление, действующее на шип барабана, будет 267 кПа.

Нами получена формула для определения коэффициента восстановления, позволяющая учитывать влияние дробления и скалывания льда на величину ударных сил и скоростей вращения барабана. На основании полученных математических зависимостей составлена программа расчёта нагрузок на элементы ледозащиты, которая позволяет учитывать параметры льда и материала шипов барабана. Результаты анализа показали, что импульс сил при ударе шипа о льдину растёт с ростом диаметра барабана и массы льдины. Однако независимо от диаметра барабана при определенном значении массы льдины практически прекращается рост импульса сил.

*N. Tsimbelman, T. Chernova, T. Sivova (Н.Я. Цимбельман, Т.И. Чернова,
Т.В. Сивова)*

FEFU, Vladivostok

**ENGINEERING METHODS OF ANALYSIS OF HYDROTECHNICAL
SHELL STRUCTURES WITH INFILL (ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ
РАСЧЁТА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ
ИЗ ЗАПОЛНЕННЫХ ОБОЛОЧЕК)**

Аннотация

В статье рассматривается история развития и современное состояние теории расчёта сооружений из заполненных оболочек, излагаемой при реализации курсов инженерных дисциплин студентов специалитета, магистратуры и аспирантуры по направлению «Строительство». Выполнен анализ инженерных методов расчёта, основанных на положениях теории оболочек. Обосновано расширение области применения численных моделей сооружений. Сформулированы положения, отражающие современное состояние теории расчёта рассматриваемых сооружений, обозначено их место в логике изложения образовательных дисциплин инженерного цикла, преподаваемых студентам строительных специальностей.

Расчётная оценка эксплуатационных качеств прогрессивных типов промышленных, гражданских, транспортных и гидротехнических сооружений входит в число важнейших компетенций студентов бакалавриата, специалитета и магистратуры по направлению «Строительство». В последние десятилетия в практике строительства всё более широко применяются проектные решения сооружений, возводимых с использованием заполненных оболочек. Рассматриваемая конструкция представляет собой тонкую оболочку (выполненную, как правило, из стали или железобетона), полость которой заполнена сыпучей средой (в большинстве случаев – крупнообломочным грунтом), и может быть использована при возведении причальных и оградительных сооружений в гидротехническом строительстве (рис. 1), подпорных сооружений, заглублённых частей зданий, канализационных систем, устоев мостов и других сооружений в промышленном и транспортном строительстве.

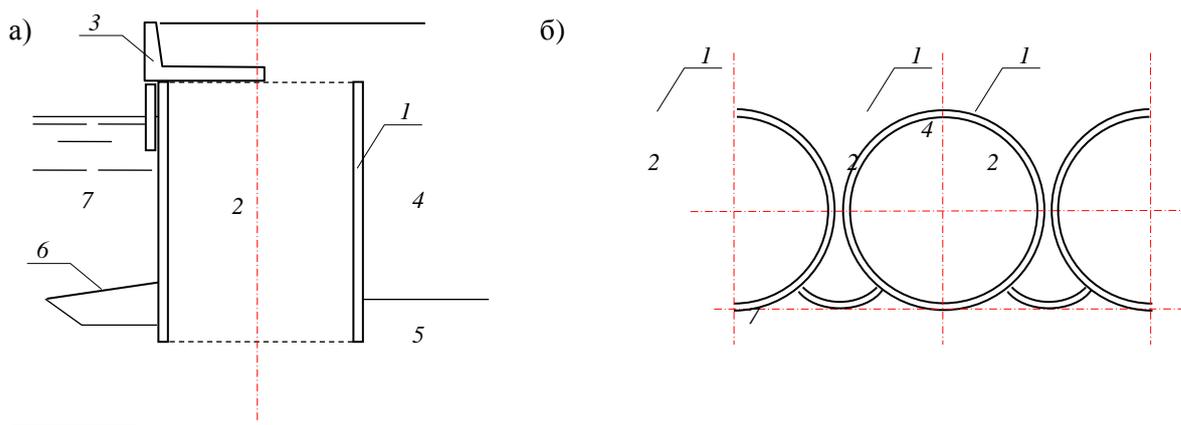


Рис. 1. Схема причального сооружения из оболочек с наполнителем: а – вертикальный разрез по оболочке; б – вид сооружения в плане; 1 – оболочка, 2 – наполнитель, 3 – верхнее строение, 4 – грунт обратной засыпки, 5 – основание, 6 – берма, 7 – акватория

Во второй половине XX-го века на основе классических методов механики сплошной среды, теории деформируемого твёрдого тела, теории предельного напряжённого состояния составлен набор инженерных расчётов оболочек с наполнителем, сведённый в специализированные нормы для ограниченного круга проектных условий [1]. Значительное количество отдельных замкнутых расчётов может быть условно сведено в последовательность:

1. Предварительное назначение размеров оболочки и заглубления в основание (обоснование выбора конструкции, назначение размеров оболочки, назначение заглубления в основание).

2. Сбор нагрузок на сооружение из оболочек (определение перечня действующих нагрузок, определение значений нагрузок, назначение сочетаний нагрузок: к расчёту общей устойчивости и к расчёту внутренних усилий в оболочке).

3. Расчёты по первой группе предельных состояний (расчёт общей устойчивости сооружения, расчёт прочности конструкции оболочки, расчёт прочности основания, расчёт сдвига оболочки по подошве и опрокидывания).

4. Расчёты по второй группе предельных состояний (сравнение с предельными значениями величин равномерной вертикальной совместной деформации, горизонтального смещения верха, крена сооружения в поперечном направлении).

5. Уточнение размеров, конструирование.

В тот же период предприняты попытки адаптации решений теории оболочек [3] для нужд инженерных расчётов, в большинстве случаев сдерживаемые сложностью и трудоёмкостью вычислений. Анализ закреп-

лённых нормами методов расчёта и проектирования сооружений из заполненных оболочек [4, 5 и др.] позволяет обозначить ряд общих вопросов:

– расчёт сооружений из заполненных оболочек представляет собой набор достаточно разрозненных вычислений, которые не сведены в обоснованную пошаговую последовательность, которая составила бы общую логику расчётного обоснования эксплуатационных качеств рассматриваемых сооружений.

– основные вопросы расчёта и проектирования сооружений из заполненных оболочек и их оснований остаются решёнными на стадии общих положений, распространяемых на все основные виды сооружений и их оснований; специализированные нормы проработаны лишь для ограниченного набора проектных условий;

– основные методы расчёта сооружений из заполненных оболочек составлены на основе решения плоской задачи, без учёта особенностей пространственной работы сооружения, изменения инженерно-геологических, конструктивных и иных условий по его длине;

– остаётся открытым вопрос о методологии вычисления и учёта в соответствующих сочетаниях наряду с наиболее часто встречающимися нагрузками ряда специальных нагрузок (таких, как нагрузки строительного периода); нагрузки, вызванные изменением температуры – для особо суровых природно-климатических условий, сейсмические и другие динамические нагрузки);

– существующие инженерные методики расчёта не позволяют оценить влияние случаев резкой неоднородности грунтовой толщи в основании заполненной оболочки (таких как значительные уклоны слоёв, выклинивания, наличие линз и прослоек слабых грунтов и др.) на работу системы «оболочка-основание»;

– при использовании существующих инженерных методов крайне затруднен учёт особенностей взаимодействия опорной части (подошвы) сооружения, образованного удерживаемым оболочкой массивом грунта, с грунтовым основанием, поскольку основные методики описывают модель такого взаимодействия как для круглого недеформируемого штампа на однородном основании.

Появление высокопроизводительных компьютеров и программных комплексов, реализующих численные модели сооружений, сделало возможным расширить круг проектных условий, в которых могут быть ис-

пользованы заполненные оболочки посредством создания более сложных численных моделей. Для сооружений, размещаемых в сложных условиях эксплуатации, а также для возможности учёта совместности деформаций их основных элементов (в данном случае – оболочки, наполнителя и основания) нормами предлагается переходить к моделированию их напряжённо-деформированного состояния [4]. При этом предполагается использование современных численных моделей материалов и возможностей моделирования нагрузок, что открывает широкий круг вопросов об обосновании методик моделирования напряжённо-деформированного состояния (нулевое, балочное, дополнительное), а также о параметрах и верификации самих применяемых моделей элементов сооружения и грунтовых оснований.

В настоящее время широкое применение получили программные комплексы, позволяющие формировать численные модели на основе метода конечных элементов [6]. Определение параметров численных моделей сооружений из заполненных оболочек в части описания взаимодействия среды оболочки с внутренним наполнителем, установленной на сжимаемом основании, а также верификация таких моделей является актуальным направлением научных исследований, в рамках которого на современном этапе достигнуты определённые результаты [7÷9]. Основные результаты научных исследований, получившие достаточную апробацию, следует отражать при изложении современного состояния образовательных дисциплин инженерного цикла, преподаваемых студентам строительных специальностей. Методы формирования численных моделей оболочечных сооружений могут быть представлены в рамках курсов Информационных технологий для студентов бакалавриата по направлению «Строительство», курса теории пластин и оболочек (входящего в учебную программу подготовки инженеров по специальности «Уникальные здания и сооружения»), а также учебных курсов компьютерного моделирования сооружений для студентов магистратуры и аспирантов строительных специальностей.

Литература

1. РТМ 31.3013-77. Руководство по расчету морских гидротехнических сооружений из оболочек большого диаметра. – М.: ЦРИА "Морфлот", 1978. – 62с.

2. РТМ 36.44.12.1-90. Проектирование и строительство портовых гидротехнических сооружений с применением стальных оболочек большого диаметра. – СПб.: ВНИИГС, 1992. – 63с.
3. Власов В.З. Избранные труды: т. I. / В.З. Власов // М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 528с.
4. СП 23.13330.2011. Основания гидротехнических сооружений (актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85*) (взамен СНиП II-16-76) – М.: Минрегион России, 2011. – 110с.
5. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений (актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*) (взамен СНиП II-15-74 и СН 475-75) – М.: Минрегион России, 2011. – 161с.
6. Brinkgreve R.B. Tutorial Manual for PLAXIS 3D Foundation. Delft University Of Technology & Plaxis bv. Netherland, 2013. – 200p.
7. Bekker AT., Tsimbelman N.Ya., Potyanikhin D.A., Mamontov A.I., Bilgin Ö., Chernova T.I. Mathematical model of the shell with a filler for protecting structures. - ISOPE Conference Proceedings, 2014. - Pp. 905-910.
8. Bekker AT., Tsimbelman N.Ya., Chernova T.I., Bruss V.D., Bilgin Ö. «Interface Friction Parameters for the Mathematical Modeling of Shell Structures with Infill». The Proceedings of the Twenty-fifth International Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE -2015) Kona, Big Island, Hawaii, USA, 2015. - Pp. 1188-1196.
9. Tsimbelman N.Ya., Mamontov A.I., Chernova T.I., Bilgin Ö. Stability of Thin Shell with Infill Gravity Structures against Lateral Loads. From Fundamentals to Applications in Geotechnics. Proceedings of the 15th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 15-18 November 2015, Buenos Aires, Argentina – IOS Press, 2015. - Pp. 1081-1088.

N. Zemlyanaya, A. Gulyakin (Н.В. Земляная, А.В. Гулякин)

FEFU, Vladivostok

**INTENSIFICATION OF WORK OF DRAINAGE-DISTRIBUTIVE
SYSTEMS OF WATER SUPPLY AND SEWERAGE STRUCTURES
(ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ДРЕНАЖНО-
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СООРУЖЕНИЙ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ)**

Аннотация

Известно, что эффективность работы сооружений водоснабжения и водоотведения во многом определяется равномерностью подачи воды через распределительные устройства. В предлагаемой работе рассматриваются устройства, в которых реализуются законы движения потоков с переменной массой.

В рамках данного исследования был сделан аналитический обзор существующих работ по рассматриваемой теме, выполнен ряд численных и лабораторных экспериментов, позволивших выделить допущения существующих теорий потоков с переменной массой, оказывающих существенное влияние на процесс распределения воды.

Keywords: равномерность распределения воды; перфорированный трубопровод; гидродинамические параметры; линии тока; сопротивления.

Одной из самых распространённых задач гидравлики переменной массы является обеспечение равного по величине расхода воды по сечению аппарата распределительными устройствами, как систем водоснабжения, так и систем водоотведения. Такими устройствами являются различные типы перфорированных трубопроводов дренажных систем, боковые водосливы, распределительные камеры и лотки, отличные как по своей конструкции, так и по устройству деталей для отведения части потока воды.

Оптимальные технологические характеристики большинства сооружений, более того, возможность осуществлять предназначенные им функции, могут быть обеспечены при условии равномерности распределения потоков очищаемой и промывной воды посредством дренажно-распределительных систем, например в осветлителях с контактной загрузкой и фильтрах [1].

Процесс распределения потока во многом зависит от геометрической формы коллектора, конструкции отверстий (размеры, расстояние между отверстиями, число отверстий и т.д.) и гидродинамических параметров потока. При этом необходимо отметить, что в большинстве проведенных исследований по перфорированным трубопроводам акцент делается на определении связи между равномерностью распределения, скоростью входа потока в основной трубопровод и числами Рейнольдса [3]. По мере увеличения скорости течения в распределительном (основном) трубопроводе возрастает неравномерность распределения потока. Однако, при определённом локальном минимуме $\Delta V_{\max-\min}$ ($\Delta V_{\max-\min}$ – разница между максимальной и минимальной скоростями выходных отверстий) и определённом диапазоне граничных условий, существует возможность подобрать оптимальное значение скорости течения, при которой выполняется поставленная задача (равномерность распределения потока через выходные отверстия) [4]. Тем не менее, универсального способа расчета распределительных систем не существует. Большинство исследователей, варьируя геометрическими и динамическими факторами, решают задачу распределения воды в конкретной конструкции или аппарате [5]. Так, для случая нелинейного изменения площади поперечного сечения коллектора (при помощи четверть эллиптических контуров) было выявлено, что ключевым параметром является отношение малой оси к большой оси четверти эллипса. Результаты исследований показали, что наиболее перспективными стратегиями являются: линейное сужение площади поперечного сечения распределительного трубопровода; нелинейное сужение площади поперечного сечения трубопровода при помощи четверть-эллиптических контуров и изменение геометрических параметров коллектора и ответвлений [6].

В задачи данной работы входило доказательство возможности моделирования потоков с переменной массой в программных комплексах Solid Works и ANSYS и анализ допущений существующих теорий потоков с переменной массой, оказывающих существенное влияние на процесс распределения воды. Работа проводилась в программной среде ANSYS Workbench, при помощи программ препроцессинга ANSYS Design Modeler и ANSYS Meshing, а также программы для решения задач вычислительной гидродинамики ANSYS FLUENT. При численном моделировании применялись уравнения Рейнольдса, для замыкания которых использовались модели турбулентности семейства k- ϵ .

Параллельно выполнялись лабораторные эксперименты на модели перфорированного прямоугольного безнапорного трубопровода, смонтированного в компьютеризированном гидродинамическом лотке DIDACTA ITALIA H91.8D. Сопоставление результатов численных и лабораторных экспериментов указало на их полное соответствие. Далее, при выполнении численных экспериментов, были выявлены следующие обстоятельства.

- В конце короткого распределительного водовода при больших скоростях образуется водоворотная зона, снижающая скорости течения воды в последнем отводном патрубке.

- Конический основной трубопровод обеспечивает более равномерное распределение потока воды в отводных патрубках по сравнению с трубопроводом постоянного сечения.

- В отводных патрубках распределительных трубопроводов имеет место образование циркуляционных зон, существенно снижающих площадь живого сечения этих патрубков. Образование циркуляционных потоков вызвано зоной повышенных скоростей, формирующихся в области входа потока в патрубок с противоположной движению воды стороны.

- Отвод воды, из перфорированного трубопровода (отводные патрубки отсутствуют) обеспечивает более равномерное распределение воды по сравнению с трубопроводом с патрубками.

- Форма отверстия оказывает существенное влияние на начертание линий тока и сопротивление перфорированной системы. Только круглое отверстие обеспечивает максимальное приближение к параллельно струйному течению.

- Условия входа воды в перфорированный трубопровод, вызывающие дополнительные гидравлические сопротивления, уменьшают пропускную способность первых отверстий, расположенных по направлению течения потока.

В известной монографии Г.А. Петрова в основу модельного представления движения потоков с переменной массой положены уравнения сохранения массы и уравнения сохранения энергии в дифференциальном виде [2]:

$$\frac{d(Mv)}{dt} = F + \frac{dM_1}{dt} \theta_1 - \frac{dM_2}{dt} \theta_2, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\alpha_0}{g} \left(v \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial t} \right) + \frac{d}{dx} \left(\frac{p}{\gamma} + z \right) + i_f + \frac{v}{g} \left(\frac{\partial \alpha_0}{\partial x} v + \frac{\partial \alpha_0}{\partial t} \right) + \frac{\alpha_0(v-\theta_1)}{gQ} \left(\frac{\partial Q_1}{\partial x} v + \frac{\partial Q_1}{\partial t} \right) + \\ + \frac{\alpha_0(\theta_2-v)}{gQ} \left(\frac{\partial Q_2}{\partial x} v + \frac{\partial Q_2}{\partial t} \right) = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где M – масса потока; F – проекция равнодействующей силы на направление движения; v – проекция скорости движения на направление

основного потока, θ_1 и θ_2 – проекции скоростей, присоединяемых и отделяемых частиц на направление основного потока; t – время, γ – удельный вес жидкости, a_0, a_6 – коэффициенты, учитывающие соответственно неравномерность распределения скорости и кинетической энергии по живому сечению основного потока, отделяемого или присоединяемого; p – пьезометрический напор; i_f – безразмерный гидравлический уклон, определяющий потери энергии в трубопроводе; Q – расход потока, который может быть представлен для i –того сечения через интегральное уравнение

$$Q_i = \omega_i \times v_i . \quad (3)$$

Сопоставление уравнений модельной задачи, из решения которой получены практически применяемые зависимости, и результатов экспериментов показывают, что традиционная постановка не учитывает ряд особенностей течения жидкости в потоках переменной массы. Так, например, система (1) – (3) написана для параллельно струйного течения, которое не реализуется в действительности и в результатах компьютерного моделирования; энергия, затрачиваемая на трение, учитывается введением гидравлического уклона, имеющего постоянное значение на всех элементарных участках, но результаты экспериментов показывают, что местные сопротивления являются одной из доминирующих причин неравномерности распределения расходов; по результатам моделирования граничные условия являются причиной генерации турбулентности с интегральными масштабами, меняющими картину течения, что также остается за пределами модельной задачи (1) – (3). Игнорирование указанных обстоятельств не позволяет проектировать системы, отвечающие технологическим требованиям.

Таким образом, несмотря на то, что подавляющее большинство практических задач водоснабжения и водоотведения имеет дело с движением потоков с переменной массой, задача требует дальнейшего уточнения теоретических методов описания процесса и разработки практических рекомендаций для расчетов.

Литература

1. Головин В.Л. Оптимизация технологических характеристик осветлителей с контактной загрузкой// Проблемы мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке России: сб. научн. тр. ДальНИИГиМ. - Владивосток: Дальнаука. 2011. Вып. 17. с.204 – 233;

2. Петров Г.А. Гидравлика переменной массы. - Харьков: изд. ХГУ, 1984. - 224 с.
3. Sangkyoo Lee, Namsoo Moon and Jeekeun Lee, “A study on the exit flow characteristics determined by the orifice configuration of multi-perforated tubes”, Journal of Mechanical Science and Technology 26 (9) (2012) 2751~2758;
4. Mokhtari S., Kudriavtsev V., Danna M., “Flow Uniformity and Pressure Variation in Multi-outlet Flow Distribution Pipes”, ASME Vol. PVP-355, / Ed. by K.K. Panahi, in Advances in Analytical, Experimental and Computational Technologies in Fluids, Structures, Transients and Natural Hazards, ASME Pressure Vessels and Piping Conference, July 1997, pp.113-122;
5. Jafar M. Hassan, Wahid S. Mohammed, Thamer A. Mohamed, Wissam H. Alawee, “CFD Simulation for Manifold with Taperedlongitudinal Section”, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459,ISO 9001:2008Certified Journal, Volume 4, Issue 2, February 2014);
6. Tong. J.C.K., Sparrow E.M., Abraham J.P., Geometric strategies for attainment of identical outflows through all of the exit ports of a distribution manifold in a manifold system, Applied Thermal Eng. 29 (2009) 3552-3560

СЕКЦИЯ 7. КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ И ОКЕАНОТЕХНИКА

M. V. Gribinichenko, A. V. Kurenskiy, N. V. Kutsenko, O. S. Portnova
(*М.В. Грибиниченко, А.В. Куренский, Н.В. Куценко, О.С.Портнова*)

FEFU, Vladivostok

DEVELOPING OF THE MODEL OF THE HYBRID GAS LUBRICATED BEARINGS FOR TURBO MACHINES (РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГИБРИДНОГО ПОДШИПНИКА С ГАЗОВОЙ СМАЗКОЙ ДЛЯ ТУРБОМАШИН)

Аннотация

В статье приводится описание разрабатываемой модели гибридного подшипника, которую можно применять при проектировании как радиальных, так и осевых подшипников с газовой смазкой. Целью проводимых исследований, является повышение несущей способности подшипников с газовой смазкой. Результаты исследований могут быть использованы при разработке узлов трения турбомашин судовых энергоустановок. В настоящей работе приведены результаты разработки новой конструкции гибридного подшипника с газовой смазкой, с повышенной несущей способностью по сравнению с существующими типами подшипников.

Введение

Одним из способов повышения энергоэффективности, надежности, увеличения ресурса турбомашин является применение бесконтактных опор, которые обеспечивают положение роторов без непосредственного контакта металлических частей. Относительная простота конструкции, отсутствие смазочных материалов, возможность обеспечения высоких частот вращения делают газовые опоры весьма привлекательными для таких отраслей техники, где требуется продолжительная и надежная работа без обслуживания, легкость и компактность [1]. Исключив систему смазки, подшипники с газовой смазкой позволяют упростить и создать ряд высокоэффективных устройств, таких как: газотурбинные двигатели, компрессора, турбохолодильные машины и агрегаты, детандеры, насосы и вентиляторы, но большинство турбомашин, а особенно судовых, имеют высокие массогабаритные показатели и тем самым оказывают значительные нагрузки на опоры. Так же распространение этого вида опор в судовой энергетике ограничено из-за малой несущей способности смазочного слоя.

Целью проводимых исследований, является повышение несущей способности подшипников с газовой смазкой. Результаты исследований могут быть использованы при разработке узлов трения турбомашин судовых энергоустановок. Изучение таких подшипников проводится в лаборатории кафедры Судовой энергетики и автоматики Дальневосточного федерального университета, исследуются как осевые, так и радиальные опоры.

В настоящей работе приведены результаты разработки новой конструкции гибридного подшипника с газовой смазкой, с повышенной несущей способностью по сравнению с существующими типами подшипников.

Определим основные конструктивные признаки, которыми должен обладать разрабатываемый гибридный подшипник.

Газодинамические подшипники не требуют источников сжатого воздуха, и повышенное давление в смазочном слое достигается движением газа при относительном перемещении рабочих поверхностей [2].

Недостатком таких подшипников является повышенные требования к точности изготовления и монтажа деталей его узла, так как газодинамический эффект проявляется при толщине слоя менее 10 микрон. При такой величине смазочного зазора трудно добиться параллельности двух рабочих поверхностей с отсутствием непосредственного контакта между ними, особенно в турбомашинах судовой энергетики, с увеличенными нагрузками на опоры валов, следовательно, и с увеличенными габаритами подшипников, добиться параллельности рабочих поверхностей затруднительно.

Решение задачи обеспечения параллельности рабочих поверхностей при малых величинах смазочного зазора возможно применением лепестковых подшипников, которые в настоящее время получают более широкое распространение. Кроме автоматического поддержания необходимого положения рабочих поверхностей, такие подшипники позволяют снизить требования, по сравнению с опорами с жесткой рабочей поверхностью, к согласованию температурных расширений и деформациям деталей турбомашин.

Упругие свойства податливой рабочей поверхности будут складываться из упругих свойств пакета лепестков и подложки. При этом такие свойства рабочей поверхности как переменная податливость будут определяться конструкцией упругой подложки, а не пакета лепестков.

Схему этой конструкции представим в виде, показанном на рис.1. Здесь показаны два лепестка 1 (количество лепестков может изменяться) и

упругая подложка, которая имеет набор упругих элементов 3 расположенных в некотором порядке и связанных между собой поверхностью 2.

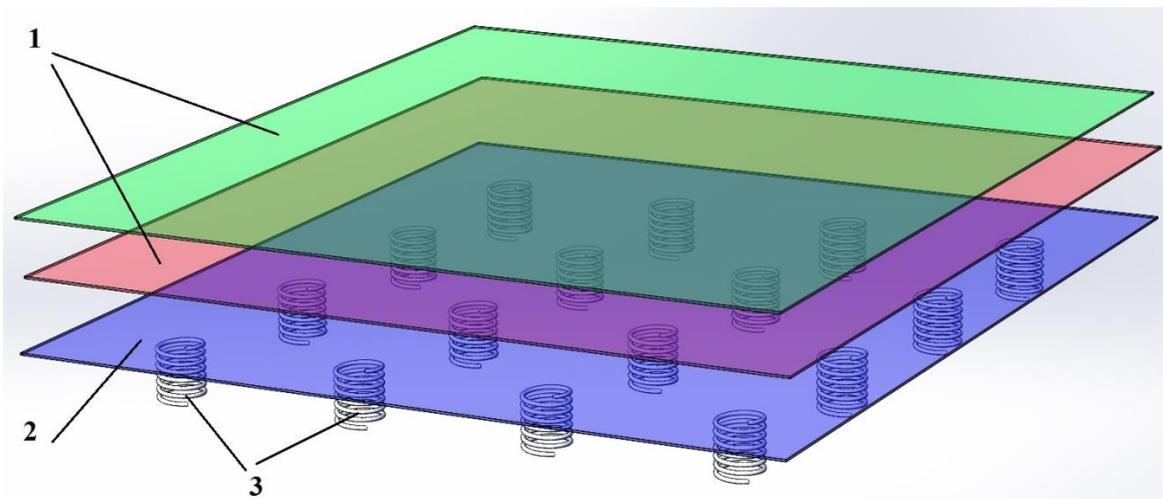


Рис. 1 Схема основных составных частей упругой рабочей поверхности: 1- пакет лепестков, 2 – упругая подложка, 3 – упругий элемент

Таким образом, анализ существующих газодинамических подшипников показал:

1. Для турбомашин судовой энергетики применение подшипников с жесткими рабочими поверхностями представляется нецелесообразным. Разрабатываемая опора должна иметь самоустанавливающиеся рабочие поверхности, и наиболее применяемым вариантом являются лепестковые подшипники.

Определив прототип объекта исследования (лепестковый подшипник), необходимо рассмотреть и выбрать те конструктивные признаки, которые будут обеспечивать возникновение газостатического эффекта, т.е. необходимо определить подходящие конструктивные особенности для подачи сжатого газа в смазочный зазор.

Опоры с внешним нагнетанием давления (с наддувом), широко применяемые в различных областях промышленности, разнообразны по конструкции [5]. В этих условиях остро встает вопрос о выборе оптимальных параметров подшипника, обеспечивающих максимальную несущую способность подшипника.

Простейшая конструкция газостатических подшипников, содержит питатели, расположенные в один ряд на промежуточном радиусе и питателем в центре.

Исходя из вышеизложенного, в настоящей работе предложена наиболее простая схема подачи газа в смазочный зазор - через питатели, расположенные на рабочей поверхности пяты или подпятника в один или два ряда.

Заключение

Разработанная модель позволяет перейти к составлению математической модели и проведению численного эксперимента для изучения характеристик предложенной конструкции газовой опоры, которая может быть как осевая так и для радиальная, так как в статье рассматривается некоторая небольшая часть рабочей поверхности подшипника, которая вполне может являться составной частью как осевого так и радиального гибридного лепесткового подшипника.

Список литературы

1. Уськов, В.Н. Об исследовании колебательного движения газового подвеса ротора турбохолодильных и детандерных машин. Часть I постановка задачи/ В.Н. Уськов, П.В. Булат//Вестник Международной академии холода. – 2012. - №3. – С.3-7
2. Грибиниченко, М. В. К вопросу расчёта смазочного слоя осевых лепестковых газодинамических подшипников / Грибиниченко, М.В. Куренский, А.В. Самсонов, А. А. // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2010. – №4. – С. 45 –47
3. Грибиниченко М.В. Результаты численного эксперимента осевых гибридных лепестковых подшипников с газовой смазкой/ М.В.Грибиниченко, А.В.Куренский // Научное обозрение.-2011.-№5.-С. 303-311.
4. Грибиниченко, М.В. Численный эксперимент при исследовании свойств смазочного слоя осевых подшипников с газовой смазкой / М.В. Грибиниченко, А.В. Куренский, А.А. Самсонов, Ю.Я. Фершалов // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2011. – № 12. – С. 18-20.
5. Куренский А.В. Повышение несущей способности осевых гибридных лепестковых подшипников на газовой смазке судовых турбомашин.: Дис... канд. техн. наук. Владивосток., ДВГТУ, 2012. – 168с.

К. V. Gribov, S. A. Kiselev (К.В. Грибов, С. А. Киселев)

FEFU, Vladivostok

**IMPROVING TECHNOLOGY OF THE MARITIME TRANSPORT
BULKY CARGO (СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОРСКОЙ
ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ)**

Аннотация

В настоящее время отмечается устойчивая тенденция увеличения потока крупногабаритных грузов, перевозимых морем. Во многом это связано с освоением северных территорий и бассейнов Тихоокеанского и Северного ледовитого океанов. С появлением новых видов груза и ростом объемов их перевозки морем, возникает необходимость совершенствования техники и технологий их транспортировки.

При этом основными задачами, требующими своего решения, являются следующие:

- обеспечение сохранности груза и безопасности судна путем разработки оптимальных схем размещения груза и использования надежных устройств его крепления;

- снижение эксплуатационных расходов на перевозку путем архитектурно-конструктивного совершенствования корпуса, помещений и палуб судов для перевозки крупногабаритных грузов.

В данной работе авторы выполнили анализ опыта проектирования, эксплуатации и модернизации судов, перевозящих крупногабаритные грузы, и обосновывают перспективные предложения по совершенствованию технологии морской перевозки крупногабаритных грузов.

Введение

Перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов (КТГ) в мировом судоходстве постоянно растут. Это вызвано интенсивным освоением континентальных шельфов, приближением производства продукции к местам ее потребления, индустриализацией развивающихся стран и рядом других причин. Увеличивается соответственно и потребность в судах, которые могли бы перевозить грузы большой массы и нестандартных габаритов. В настоящее время судоходные компании многих стран принимают участие в перевозке таких грузов. Первоначально они перевозились на обычных сухогрузах, приспособленных для этой цели. Суда оснащались одним или двумя комплектами стрел, обеспечивающих погрузку и выгрузку тяжеловесов, а также имели подкрепления палуб и люковых закры-

тий. В отдельных случаях на таких судах вообще не предусматривалось грузовое устройство, а грузовые операции производились береговыми средствами.

Острота проблемы регулярных перевозок КТГ на различных видах транспорта стала ощутимой по мере увеличения массы и габаритов выпускаемого промышленного оборудования. На водных видах транспорта, особенно на морском ограничении, связанные с перевозками тяжеловесных и крупногабаритных грузов, позволяют осуществлять транспортировку подобного оборудования без особых принципиальных изменений в способах перевозки и конструкциях грузовых судов.

Крупногабаритный тяжеловесный груз может быть размещен в трюме, твиндеке или на палубе судна в зависимости от конкретного груза. КТГ в основном имеют большой погрузочный объем, и при этом очень плохо используется грузоподъемность судна, иногда только на 18-25%. В связи с этим большинство КТГ чаще всего размещают в трюмах поверх других грузов, в твиндеках при достаточной высоте последних и соответствующих размерах грузовых люков и на палубе. При размещении КТГ на палубах судов учитывается давление груза на палубу, чтобы не допустить ее просадки. Если давление груза превышает допустимую нагрузку на палубу (150-170 МПа), то его погрузка и закрепление на судне могут осуществляться только после установки под ним подпалубных креплений. Следовательно, масса и габариты КТГ, перевозимых морским флотом, не ограничивают перевозки этим видом транспорта. Однако на обычных судах невозможно экономически эффективно перевозить грузы, имеющие особенно большую массу. Практика показывает, что перевозка крупногабаритных грузов на судах имеет свои особенности. Возникают трудности с перегрузочными операциями в плохо оснащенных портах. Поэтому возникла необходимость строительства судов, специально предназначенных для погрузки, перевозки и выгрузки тяжеловесных и крупногабаритных грузов. К таким грузам относятся крупные конструкции морских сооружений, предназначенных для освоения ресурсов мирового океана, дноуглубительное оборудование, модули заводов по переработке нефти, военная техника, трансформаторы, порталные краны, тепловозы, малогабаритные суда и баржи, землечерпалки, лихтера, буровое оборудование, и другие грузы широкой номенклатуры. Отличительной особенностью судов для перевозки тяжеловесных и крупногабаритных грузов является [4]

прочная конструкция трюмов, палуб и люковых закрытий. Все суда оборудованы горизонтальными, вертикальными или комбинированными грузовыми устройствами. Для обеспечения грузовых операций суда оборудуются различными устройствами стабилизации. На многих из них имеются балластные системы, которыми управляют компьютеры. В состав грузовых средств могут входить специальные выдвижные конструкции, опирающиеся на дно или стенку причала. Иногда доставка грузов на берег производится при помощи люковых закрытий понтонного типа, которые спускаются на воду и используются как вспомогательные плавсредства. В последние годы появились суда большой грузоподъемности, способные притапливаться для приема плавающих объектов непосредственно на грузовую палубу.

Совершенствование специализированного флота для перевозки тяжеловесных и крупногабаритных грузов идет по нескольким направлениям. Во-первых, увеличивают ширину судов. Это не только повышает их остойчивость, но и уменьшает осадку, что позволяет им входить в мелководные прибрежные районы и устья рек. Во-вторых, на грузовых палубах стараются создать как можно больше незанятой площади. Для этого надстройки и грузовое устройство размещают либо в оконечностях судна, либо у одного из бортов. Трубопроводы, лебедки и другое оборудование, обычно находящееся на палубе, переносят под палубу или на надстройки. Наконец, продолжают развивать суда полупогружного типа, удобные для перевозки сверхтяжелых неделимых грузов и крупных плавающих объектов. Однако пока не установлены конкретные критерии для выбора архитектуры и конструкции судов, перевозящих КТГ, и в Правилах классификации и постройки морских судов Российского морского регистра судоходства данная категория судов отдельно не выделяется.

Основные задачи исследования и способы их решения

На первом этапе исследований была поставлена задача выбора общей концепции судна для перевозки КТГ. А в дальнейшем базовый проект может дополняться с учетом изменения условий эксплуатации судна и вида перевозимого груза.

Для правильного выбора архитектурно-конструктивного вида судна для перевозки КТГ прежде всего следует руководствоваться следующими основными критериями:

- физико-механическими и габаритными характеристиками груза;

- грузовместимостью и грузоподъемностью;
- провозоспособностью;
- партионностью груза;
- оптимальным размещением груза (с точки зрения обеспечения максимального использования грузовой вместимости, обеспечения прочности корпуса и остойчивости).

При этом нужно учитывать, что тяжеловесные грузы, как правило, являются крупногабаритными, но не всегда крупногабаритные грузы бывают тяжеловесными. Поэтому необходима отдельная классификация по габаритам, независимо от массы грузов.

Одной из основных характеристик крупногабаритного груза является его удельный погрузочный объем v ($\text{м}^3/\text{т}$). Он зависит от плотности груза, его упаковки и особенностей укладки в грузовом помещении. В практике международных морских перевозок грузы с $v < 1,1 \text{ м}^3/\text{т}$ принято называть весовыми, а более $1,1 \text{ м}^3/\text{т}$ – объемными.

При эксплуатации судна удельный погрузочный объем перевозимого груза в идеале должен совпадать с удельной грузовой вместимостью судна. Однако на практике они могут отличаться, и тогда не полностью используется грузоподъемность или грузовой вместимость судна. И здесь важную роль играет оптимальное расположение груза на судне. При этом размещение груза влияет на провозную способность судна не только через степень использования грузоподъемности и грузовой вместимости, но и своим воздействием на скорость хода и производительность грузовых работ. При неудачном размещении грузов судно приобретает нежелательный дифферент, испытывает усиленную качку и вибрацию, повышается заливаемость палуб. Эти обстоятельства снижают скорость судна, увеличивают опасность штормовых повреждений и способствуют возникновению аварийных ситуаций [1].

Размещение КТГ на судне должно обеспечивать выполнение следующих основных условий:

- максимально использовать грузоподъемность или грузовой вместимость судна, в зависимости от того, какая из указанных величин будет важнее;
- обеспечить максимальную производительность труда при грузовых операциях и возможность выполнять их в промежуточных портах захода;
- сохранить общую и местную прочность корпуса;

- гарантировать, что на всех этапах рейса остойчивость судна не станет ниже пределов, предусмотренных нормами, исключив при этом и возникновение чрезмерной остойчивости;

- обеспечить во время перехода оптимальный или хотя бы близкий к нему дифферент.

Заполняемость грузом трюмов и палуб сухогрузного судна можно определить через оценку нормативной нагрузки от груза на палубу. Обеспечение местной прочности корпуса осуществляется путем нормирования нагрузки на единицу площади палубы. Эту величину можно узнать из судовой технической документации, а при ее отсутствии рассчитать следующим образом. Нагрузка в тоннах на один квадратный метр палубы трюма или твиндека обычного сухогрузного судна не должна превышать 75 % высоты помещения. Таким образом, помещение не может быть загружено полностью грузом с удельным погрузочным объемом менее 1,33 м³/т. Отсюда легко найти максимальное количество груза, которое может быть погружено в трюм или размещено на верхней палубе. **Грузы, у которых удельный погрузочный объем более 1,33 м³/т можно отнести к КТГ.**

Палубный груз понижает остойчивость судна и поэтому приходится принимать балласт в цистерны двойного дна. Например, у безбалластных лесовозов остойчивость обеспечивается увеличением относительной ширины по грузовой ватерлинии, уменьшением высоты палубного груза за счет более широкой палубы. Другим эффективным решением [4] является увеличение развала бортов с целью увеличения остойчивости за счет большей площади ватерлинии. Многолетний опыт эксплуатации российских лесовозов с наклонными бортами показал целесообразность создания лесовозов с наружными наклонными бортами до 10-13 градусов.

Форма корпуса с наклонными бортами обеспечивает следующие преимущества:

- значительно увеличиваются мореходные качества судна в балластном переходе из-за уменьшения момента инерции действующей ватерлинии и относительного увеличения осадки по сравнению с прямобортным судном;

- улучшается остойчивость судна с лесным грузом;
- улучшаются условия плавания во льдах;
- значительно уменьшается заливаемость судна;
- снижается потеря подпалубной вместимости.

Несомненно, что для судов перевозящих КТГ подобная форма корпуса может быть эффективно применена.

В настоящее время в мировой практике эксплуатации судов для перевозки КТГ можно выделить голландскую судоходную компанию SPLIETHOFF, имеющую 55 многоцелевых судов размером от 8,000 до 20,000 тонн водоизмещения. Основные особенности судов (рис. 2) этого флота: высокое голландское качество, высокий ледовый класс, большие ящичные трюмы и люки, краны грузоподъемностью до 240 тонн.

Из российских судов наиболее подходящими для перевозок КТГ являются лесовозы последнего поколения [2,3]. Основанием для этого является близость лесных грузов и других КТГ по величине удельной погрузочной кубатуры. А также приспособленность их трюмов и верхней палубы для размещения и транспортировки разных видов груза.

Выводы

В результате анализа разнообразных грузов, перевозимых на морских сухогрузных судах, к категории крупногабаритных и одновременно тяжеловесных грузов отнесены грузы по критерию – величине их удельного грузового объема $v \geq 1,33 \text{ м}^3/\text{т}$. К таким грузам отнесены: лесоматериалы, морские контейнера, трубы большого диаметра, автомашины и трактора, объекты военной техники, отдельные крупногабаритные конструкции и оборудование.

Основными отличительными архитектурно-конструктивными особенностями базового проекта судна для перевозки КТГ являются:

- размещение основной части груза в закрытых трюмах, формируемых по высоте повышенным комингсом;
- полное раскрытие палуб с трюмами ящичного типа;
- двойные борта или подпалубные цистерны для обеспечения общей продольной прочности и жесткости корпуса при кручении;
- полный или частичный наклон бортов по их высоте для обеспечения остойчивости без использования балласта;
- наличие съемных палуб для максимального использования грузоемкости трюмов в зависимости от удельного объема перевозимого груза;
- максимальное освобождение площади верхней палубы для размещения груза, в том числе путем крайнего смещения надстройки в корму;
- особое соотношение главных размеров;
- оптимальная форма корпуса;

- наличие высокопроизводительных грузовых устройств;
- сочетание вертикального и горизонтального способов грузообработки с целью повышения производительности грузовых работ.

Авторами даны рекомендации по выбору ряда основных характеристик корпуса, оформлению трюмов и палуб судов для перевозки КГТ.

Литература

1. Аксютин Л.Р. *Грузовой план судна*. – Одесса.: ЛАТСТАР, 1999. – 138 с.
2. Барабанов Н.В., Рыбалкин Ю.Г. *Особенности проектирования конструкций морских лесовозов*. - Л.: Судостроение, 1986.-176с.
3. Захаров Б.Н. *Суда для перевозки лесных грузов*. - Л.: Судостроение, 1988.-208с.
4. Konstantin V.Gribov, *Select architectural and structural type of the vessel for transport of oversized cargoes*, TEAM 2014, 28-th Asia Pasific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structure, October 13-16, 2014, p.535-540

***D. I. Ibragimov, A. V. Mochalov, Y. Y. Ilinskiy, V. V. Porshkevich,
N. A. Kamaev, D. A. Kuznetsov (Д.И. Ибрагимов, А.В. Мочалов,
Ю.Ю. Ильинский, В.В. Поршкевич, Н.А. Камаев, Д.А. Кузнецов)***

FEFU, Vladivostok

RESEARCH DATA OF MICROTURBINE NOZZLES WITH OUTLET ANGLES OF LESS THAN 9 DEGREE (РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МИКРОТУРБИН С УГЛАМИ ВЫХОДА СОПЕЛ МЕНЕЕ 9°)

Аннотация

В работе рассмотрены результаты экспериментального исследования микротурбинных ступеней с малыми углами выхода сопел сопловых аппаратов. Основным результатом исследований явилось определение зависимости эффективности исследованных микротурбин от различной совокупности исследуемых факторов, которая имеет сложный характер. Проведенное экспериментальное исследование модельных ступеней микротурбин с малыми углами выхода сопел сопловых аппаратов, с последующим анализом результатов на основе статистических методов, выявило

относительно высокий КПД для турбин данного класса, а значит продолжение работы в данном направлении будет актуальным и перспективным. Максимальное значение КПД модельных ступеней составило 0,62 при оптимальном сочетании конструктивных и режимных факторов, значения которых были определены на основании имитационного исследования с использованием математических моделей регрессионного типа.

Ключевые слова: микротурбина, сопловой аппарат (СА), рабочее колесо (РК), турбина, коэффициент полезного действия (КПД).

В настоящее время микротурбины находят применение в качестве приводных двигателей и вспомогательных турбоагрегатов в судостроении, авиации и т.д. Условия эксплуатации микротурбин определяют ряд основных требований, предъявляемых к турбинам такого класса: минимальные массогабаритные показатели при высокой удельной мощности (как следствие - значительные перепады энтальпий при малом числе ступеней); пониженная частота вращения ротора; возможность работы в широком диапазоне изменения мощности и частоты вращения; технологичность конструкции; простота и невысокая стоимость изготовления; надежность в эксплуатации; снижение вредных воздействий на окружающую среду (токсичность выхлопа, вибрации, шум). Научные исследования в этом направлении проводились такими учеными как Клер А.М. [1], Кузнецов Ю.П. [2], Агульник А.Б. [3], Денискин Ю.И. [4]. Кроме вышеперечисленных отраслей подобные турбины применяют в мобильных электростанциях, что повышает энергетическую безопасность в отдаленных регионах страны, о значении которой рассмотрено Сендеровым С.М. [5].

В настоящее время ряд ученых применяя компьютерные технологии при исследовании процессов, происходящих в проточной части микротурбин, добились значительных результатов [6]. Несмотря на это эксперимент остается основным инструментом при исследовании течения газа в турбинах.

Основной целью данной работы стало совершенствование лопаточного аппарата высокоперепадных осевых ступеней с большим относительным шагом лопаток РК на базе экспериментальных исследований, выполненных Фершаловым Ю.Я. в [7-28]. Им же, с целью обеспечения переноса результатов исследований на другие размеры, была опубликована работа [29].

Было выявлено, что влияние исследуемых факторов на величину КПД зависимо и имеет сложный характер.

Результаты экспериментальных исследований микротурбин с малыми углами выхода сопел сопловых аппаратов выявило относительно высокий КПД для таких турбин, а значит работы в данном направлении, актуальны и перспективны.

При формировании защитных покрытий на дисках сопловых аппаратов и рабочих колес будут использованы результаты работы Минаева А.Н. и Портновой О.С. [30].

Работа выполнена под руководством д.т.н. проф. Фершалова Ю.Я.

Литература

1. Клер А.М., Захаров Ю.Б., Потанина Ю.М. Согласованная оптимизация параметров охлаждаемой проточной части газовой турбины и параметров цикла ГТУ и ПГУ // Теплофизика и аэромеханика. 2014. Т. 21. № 3. С. 401-410.

2. Кузнецов Ю.П., Чуваков А.Б. Экспериментальная установка для исследования малоразмерных турбинных ступеней // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2013. № 4. С. 58-64.

3. Агульник А.Б., Динь Т.З. Расчетное исследование параметров ГТУ малой мощности на основе авиационных двигателей при «влажном» сжатии // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 4. С. 36-39.

4. Ерохин А.П., Денискин Ю.И. Мультипликация параметрических моделей авиационных конструкций // Естественные и технические науки. 2013. № 4. С. 270-273.

5. Сендеров С.М. Методология и практика исследования проблем энергетической безопасности России с выделением роли газовой отрасли // автореф. дисс. на соискание ученой степени доктора техн. наук / Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения РАН. Иркутск, 2008.

6. Лихачев Д.С., Кулагин В.А. Трехмерное моделирование эффектов кавитации в турбомашинах // Компрессорная техника и пневматика. 2009. № 6. С. 29-32.

7. Фершалов Ю.Я., Рассохин В.А. Сопловой аппарат осевой турбины // патент на изобретение RUS 2232902 05.07.2004.

8. Фершалов Ю.Я. Разработка моделей малорасходных турбинных ступеней и стенда для исследования сопловых аппаратов // Судостроение. 2004. № 6. С. 42-46.

9. Фершалов Ю.Я., Чехранов С.В. Статические испытания сопловых аппаратов с малым углом выхода потока // Судостроение. 2005. № 5. С. 54-56.

10. Фершалов Ю.Я., Фершалов А.Ю., Симашов Р.Р. Газодинамические характеристики сопловых аппаратов с малыми углами выхода потока в составе осевой малорасходной турбины // Судостроение. 2009. № 6. С. 56-58.

11. Фершалов Ю.Я., Фершалов А.Ю. Сопловой аппарат осевой малорасходной турбины // Судостроение. 2010. № 3. С. 46-47.

12. Фершалов Ю.Я., Акуленко В.М. Угол выхода рабочего тела из сопловых аппаратов осевых малорасходных турбин с соплами новой конструкции // Научное обозрение. 2011. №4. С. 91-97.

13. Фершалов Ю.Я., Акуленко В.М. Коэффициент скорости сопловых аппаратов осевых малорасходных турбин с соплами новой конструкции // Научное обозрение. 2011. №5. С. 362-369.

14. Фершалов Ю.Я., Фершалов А.Ю., Фершалов М.Ю. Влияние степени расширения сопел с малым углом выхода на эффективность сопловых аппаратов малорасходных турбин // Судостроение. 2012. № 1. С. 39-41.

15. Фершалов Ю.Я., Луценко В.Т. Определение степени расширения сопел с малым углом выхода для сопловых аппаратов малорасходных турбин // Судостроение. 2012. № 4. С. 50-51.

16. Фершалов Ю.Я. Степень расширения сопел с малым углом выхода, предназначенных для сопловых аппаратов осевых малорасходных турбин // Автомобильная промышленность. 2013. №3. С. 16-19.

17. Фершалов А.Ю., Грибиниченко М.В., Фершалов Ю.Я. Эффективность рабочих колес осевых малорасходных турбин с большим углом поворота // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – Санкт-Петербург, 2011. № 1 (117). С. 52–55.

18. Фершалов Ю.Я., Грибиниченко М.В., Фершалов А.Ю. Газодинамические характеристики рабочих колес осевых турбин с большим углом поворота проточной части // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Машиностроение”. 2012. № 1. С. 88-99.

19. Фершалов Ю.Я., Ханькович И.Н., Минаев А.Н., Карастелёв Б.Я., Якубовский Ю.В., Кончаков Е.И. Влияние режимных факторов на КПД

малорасходных турбинных ступеней // Научное обозрение. 2012. № 5. С.425-439.

20. Фершалов Ю.Я., Ханькович И.Н., Минаев А.Н., Карастелёв Б.Я., Якубовский Ю.В., Кончаков Е.И. Влияние конструктивных факторов на КПД малорасходных турбинных ступеней // Научное обозрение. 2012. № 5. С. 440-450.

21. Фершалов Ю.Я. Совершенствование сверхзвуковых осевых малорасходных турбин: Автореферат дис. ... канд. техн. наук. /Владивосток, 1999.

22. Фершалов Ю.Я. Совершенствование сверхзвуковых осевых малорасходных турбин: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Владивосток, 2000.

23. Фершалов Ю.Я. Моделирование, анализ и совершенствование газодинамических характеристик судовых осевых сверхзвуковых малорасходных турбинных ступеней // диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Дальневосточный федеральный университет. Владивосток, ДВФУ, 2015.

24. Фершалов Ю.Я. Моделирование, анализ и совершенствование газодинамических характеристик судовых осевых сверхзвуковых малорасходных турбинных ступеней // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Дальневосточный федеральный университет. Владивосток, ДВФУ, 2015.

25. Алексеев Г.В., Фершалов М.Ю., Фершалов Ю.Я., Луценко В.Т. Обоснование и выбор метода исследования степени реактивности малорасходных турбин // Научное обозрение. 2012. № 2. С. 322-331.

26. Алексеев Г.В., Фершалов М.Ю., Фершалов Ю.Я., Луценко В.Т. Влияние режимных факторов на степень реактивности малорасходных турбинных ступеней // Научное обозрение. 2012. № 2. С. 332-345.

27. Алексеев Г.В., Фершалов М.Ю., Фершалов Ю.Я., Луценко В.Т., Якубовский Ю.В., Карастелёв Б.Я., Кончаков Е.И. Влияние конструктивных факторов на степень реактивности малорасходных турбинных ступеней // Научное обозрение. 2012. № 2. С. 346-357.

28. Фершалов М.Ю., Фершалов Ю.Я., Алексеев Г.В. Степень реактивности малорасходной турбины с малыми конструктивными углами выхода сопел соплового аппарата // Научное обозрение. 2013. № 1. С. 149-153.

29. Fershalov Yu.Ya. Technique for physical simulation of gasodynamic processes in the turbomachine flow passages // Russian Aeronautics. 2012. Т. 55. № 4. С. 424-429 (Фершалов Ю.Я. Методика физического моделирования газодинамических процессов в проточной части турбомашин // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2012. № 4. С. 71-74).

30. Портнова О.С., Минаев А.Н. Формирование защитных покрытий методом плазменного электролитического оксидирования на бывших в эксплуатации деталях и изделиях из титановых сплавов с термическим оксидным слоем на поверхности // Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 9-1 (14). С. 137-139.

V.A. Kompanets, P.P. Karpov, O.E. Surov

FEFU, Vladivostok

REDUCE METHOD THE WAVE BENDING MOMENTS OF THE VESSEL

Abstract

In this paper is researched asymmetrical distribution of loading of a vessel on length for reduce wave bending moments (WBM) due to use of forces of inertia at pitching without change of trim of a vessel, parameters motion, bending moments on still water and impact moments. The WBM depends on a sign of the still water bending moment due to influence of inertia forces at heaving. The pitching is considered does not influence on the WBM in middle section, and only displaces position of WBM maximum. This statement is right for symmetric distribution of loading on length of a vessel.

Also in this paper the method of reducing the WBM at additional ballast or loading vessel was researched.

The systematic calculations for different load cases ship for confirm the theoretical hypotheses were carried out. The calculations of longitudinal motion (LM) and WBM of the vessels on irregular sea waves in a nonlinear statement of the problem were presented. The hull form of the vessels in this research V-shaped and U-shaped frames were accepted. In analyzing the results of the

calculations positive effect on reducing WBM from the forces of inertia in the pitching were confirmed.

In this paper the results of tests on large-scale model were presented. The tests in the open marine waters were realized. The load model was made for the two cases to confirm the theoretical and numerical researches of the effect of inertia forces when pitching at WBM.

The theoretical and experimental dates qualitative and quantitative were correlated. The results obtained in this theoretical and experimental study when designing ships may use. The presented method of ballasting the vessel can be used for the rational distribution of the ballast to reduce the WBM and safe operation of the ship on the sea waves.

Keywords: Longitudinal motion, wave bending moment, strength, kinematics parameters, hull of the vessel, standard deviation.

*V. Kompanets, O. Surov, V. Ilyin (B. A. Компанец, О. Э. Суров,
В.С. Ильин)*

FEFU, Vladivostok

**PROBLEM ANALYSIS AND OPERATING EXPERIENCE
OF MARINE TECHNICS FOR THE IMPROVEMENT OF DESIGN
METHODOLOGIES (АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И ОПЫТА
ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ
ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИК ПРОЕКТИРОВАНИЯ)**

Аннотация

В статье отражен ряд проблем эксплуатации морской техники, связанных с обеспечением достаточной надежности, отражена их актуальность. Затронуты вопросы возраста и структуры флота Дальневосточного бассейна и их связь с проектированием. Приведены предложения по решению указанных проблем, использованию сложившейся ситуации для получения ценного блока информации об изменении технического состояния без значительного финансового вложения.

Ключевые слова: проблемы эксплуатации, морская техника, базы данных, надежность, проектирование, методики проектирования.

Цель публикации: постановка вопроса актуальности проблем проектирования судовых конструкций с учетом прочности и надежности для определения возможности их своевременного решения, аналитика предпосылок совершенствования действующих методик проектирования.

Современный этап развития судостроения характеризуется рядом особенностей и проблем, обуславливающих необходимость разработки и внедрения иных подходов и методов проектирования конструкций.

Достижение требуемого баланса характеристик морской техники при проектировании весьма сложная задача даже для современного квалифицированного специалиста, активно использующего электронно-вычислительную технику и программные продукты последнего поколения.

Ряд традиционных проблем проектирования судов (сложность объекта и ее стабильное повышение, высокая стоимость объекта, сложность и динамика нагрузений, вероятностный характер нагрузок, широкий спектр условий эксплуатации объекта, выбор методики проектирования, выбор коэффициентов запаса, выбор надбавок, ограничение во времени и ресурсах, многовариантность решения, проблемы обучения и переподготовки кадров и пр.) и их конструктивных элементов непрерывно дополняется. Наиболее существенным фактором при этом отмечена смена основного направления судостроения. В настоящее время упор сделан на разработку и создание техники освоения арктического шельфа. Специфика работ в Арктике (разведка, добыча и транспортирование полезных ископаемых) вызывает потребность защиты персонала, необходимость адаптации новой техники к предполагаемым условиям эксплуатации. Проблемы обеспечения достаточной прочности и надежности при этом переходят на уровень приоритетных.

Существенной проблемой проектирования судов в РФ является необходимость создания широкого спектра проектов, вызванная старением флота, необходимостью его обновления. Срок эксплуатации большинства единиц значительно превышает нормативный. Ситуация в перспективе предполагает потерю заказчиков отечественных судостроительных предприятий при массовом обращении из-за критического состояния их инфраструктуры, ограничения возможностей по объемам заказа производства. Потеря заказов определяет потерю опыта инженерного состава, усложняя и без того острую проблему обучения специалистов. Следствием является безостановочное отставание технологий.

Очевидны финансовые проблемы судовладельцев и актуальные потребности рынка РФ в конструкциях с низкой стоимостью и увеличенным сроком эксплуатации. Это определяет жесткие рамки технических заданий, исключение возможности применения высокопрочных дорогостоящих перспективных технологий и материалов для увеличения периода эксплуатации.

Несмотря на повышение риска использования изношенной техники отечественного и иностранного производства, в настоящее время представляется возможным получение блока ценной для проектирования и дальнейшего развития судостроения информации о надежности морской техники и судовых конструкций при эксплуатации и их техническом состоянии на протяжении жизненного цикла (включая сверхнормативный срок эксплуатации) с целью формирования информационных баз, дальнейшей обработки и учета для развития методик прогнозирования технического состояния и проектирования.

Создание, хранение и наполнение банков данных о техническом состоянии судов совместно с активным использованием информационных технологий в процессе проектирования затрагивает блок проблем проектирования, связанных с особенностями, движением и преобразованием информации.

Выполненная аналитика позволяет сделать следующие выводы:

1. Не представляется возможным окончательное решение проблем проектирования судовых конструкций, что обусловлено особенностью и высокой динамикой отрасли, многочисленными связями со смежными областями.

2. Необходим мониторинг и обсуждение актуальных проблем проектирования судовых конструкций с целью снижения их остроты для совершенствования работы отрасли при оптимальном использовании ресурсов научных сотрудников и инженерного состава.

3. Используя ситуацию эксплуатации техники со сверхнормативным сроком использования, целесообразно накапливать информацию, формируя банки данных о техническом состоянии, дополняя их описанием судов и технической документацией, отмеченными при эксплуатации особенностями и замечаниями.

4. Целесообразно проводить мониторинг существующего программного обеспечения (ПО), выбирая оптимальный комплект, производить об-

работку сформированных банков данных, используя механизмы их проверки на достоверность.

Рассмотренные аспекты определяют актуальность и целесообразность проведения работ по совершенствованию методик проектирования судов и судовых конструкций с учетом прочности и надежности.

Литература

1. Апполонов Е. М. Предельная прочность арктических судов: Монография – СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2014 – 244с

2. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения» на 2013–2030 годы. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации 24.12.2012 г. №2514-р.

3. Жук А.П., Мизюркин М.А. Современная структура флота рыбной промышленности России на Дальневосточном рыбопромышленном бассейне. «Рыбное хозяйство», Научно-практический и производственный журнал Федерального агентства по рыболовству, №4, Федер. агентство по рыболовству, ФГУП "Национальные рыбные ресурсы". - М., 2015г. С. 39-56.

4. Куроедов В.И., Московенко М.В. О реализации морской доктрины Российской Федерации Морской сборник. 2015. № 12. С. 35-40.

5. Лысенко П.В. Современные приоритеты развития гражданского и военного судостроения в Российской Федерации. Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. 2013. № 5. С. 106-112. <http://elibrary.ru/download/70706002.pdf>

6. Проблемы проектирования конструкции судов: Сб. науч. Тр./ЛКИ. 1990. 110с

7. Солдатов А.В., Шевченко М.М. О некоторых проблемах эффективного управления в российском кораблестроении: опыт, противоречия, перспективы Морской вестник. 2013. № 1S (10). С. 124-125.

http://www.geotochka.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=1131:-2030-&Itemid=55 свободный

8. Чувиковский В.С. Проблемы прочности судов. (Системный подход к расчету и проектированию корпусных конструкций) Л.: Судостроение, 1975г – 368с

9. Okumoto Y., Takeda Y., Mano M., Okada T. Design of Ship Hull Structures: A Practical Guide for Engineers. Springer-Verlag, Berlin, 2009, 565 p

A. Krainov, S. Khrunkov (A.A. Крайнов, С.Н. Хрунков)

Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod

**TESTS FOR HAND-HELD PNEUMATIC GRINDER WITH A NEW
MICRO-TURBINE ACTUATOR FOR SHIPBUILDING AND SHIP
REPAIR (ИСПЫТАНИЯ РУЧНОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ
ШЛИФОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ С ИННОВАЦИОННЫМ
МИКРОТУРБИНЫМ ПРИВОДОМ ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ
И СУДОРЕМОНТА)**

Аннотация

Рассмотрены вопросы применения микротурбинного привода в ручном пневматическом шлифовальном инструменте. Показана принципиальная схема инновационного радиального двухступенчатого микротурбинного привода, приведено описание исследовательского стенда для испытаний микротурбины в составе шлифовальной машины. Представлены методы и результаты испытаний двухступенчатой радиальной микротурбины в зависимости от давления рабочего тела. Определена эффективная мощность микротурбинного привода при различных режимах работы. Показано изменение максимальной эффективной мощности в зависимости от давления рабочего тела, определен оптимальный скоростной режим работы инновационной микротурбины.

Ключевые слова. Микротурбина, сопловой аппарат, рабочее колесо, ручная пневматическая шлифовальная машина, эффективная мощность, частота вращения

В Нижегородском государственном техническом университете им. Р.Е. Алексеева (НГТУ) по заданию Минобрнауки РФ проводится прикладное научное исследование по созданию модельного ряда ручных пневматических шлифовальных машин с инновационным микротурбинным приводом для судостроительной и других отраслей промышленности. Актуальность данной работы обусловлена большим спросом российских судостроительных предприятий на ручной пневматический шлифовальный инструмент, который широко применяется при зачистке сварных швов, скруглениях острых кромок металлоконструкций под покраску и других доводочных операциях. В настоящее время практически весь ассортимент такого инструмента оснащен ротационно-пластинчатым при-

водом, в том числе с повышающим редуктором. Необходимость повысить частоту вращения ручных пневматических шлифовальных машин обусловлена появлением за последние десятилетия высокоскоростного режущего инструмента – шлифовальных головок и бор-фрез со скоростями резания до 50 м/с, например, производства компании *Pferd*. При этом одновременно с повышением частоты вращения решить задачу повышения мощности и коэффициента полезного действия ручных пневматических шлифовальных машин с ротационно-пластинчатым двигателем на практике не удастся. Кроме того, большинство используемых в судостроении ручных пневматических машин являются импортными. Таким образом, среди основных задач работы, выполняющейся в НГТУ, является создание инновационного российского микротурбинного привода, обеспечивающего повышение частоты вращения выходного вала ручной пневматической шлифовальной машины при одновременном повышении мощности и экономичности по сравнению с ротационно-пластинчатым приводом.

В работах [1, 2, 3] обосновано использование в пневматических шлифовальных машинах инновационной радиальной двухступенчатой микротурбины со струйно-реактивной ступенью давления (первая ступень), промежуточным направляющим аппаратом и центростремительной ступенью скорости (вторая ступень). В данной микротурбине воздух под давлением подается к рабочему колесу через полый вал шлифовальной машины, затем сбрасывается давление в струйно-реактивной ступени, обеспечивая генерацию крутящего момента как в Сегнеровом колесе. Покинув струйно-реактивную центробежную ступень со скоростями порядка $2M$, воздух совершает поворот на 180° в промежуточном направляющем аппарате, который играет роль соплового аппарата для центростремительной ступени скорости, и подается во вторую ступень. Наличие второй ступени позволяет существенно снизить потери энергии с выходной скоростью потока.

Для экспериментальной проверки работоспособности и определения внешних характеристик разработанного микротурбинного привода были изготовлены экспериментальные образцы основных типоразмеров ручных пневматических шлифовальных машин разрабатываемого модельного ряда [4]: ИТ-500; ИТ-1000; ИТ-1500. Производственные испытания в ОАО «Зеленодольский судостроительный завод им. А.М. Горького» (Республика Татарстан), ООО «Гидротермаль» (Нижний Новгород), ЗАО «Ин-

струм-Рэнд» (Павлово), ОАО «Группа ГАЗ» названных экспериментальных образцов шлифовальных машин полностью подтвердили их работоспособность в производственных условиях. Определение внешних характеристик разработанного инновационного микротурбинного привода осуществлялось непосредственно в составе ручных пневматических шлифовальных машин. В этих целях в НГТУ был создан исследовательский стенд [5], оснащенный поверенным и сертифицированным измерительным оборудованием. Стенд для определения внешних характеристик микротурбин непосредственно в составе шлифовальной машины включает в себя блок управления, электромагнитное нагрузочное устройство, тензометрический датчик для измерения крутящего момента, оптический датчик для измерения частоты вращения вала, а также дополнительные приспособления, обеспечивающие калибровку стенда, крепление испытываемого образца шлифовальной машины, соосность вала машины с осью нагрузочного устройства. Для испытаний был выбран инструмент турбинный ИТ-1000-3, оснащенный микротурбинным приводом с диаметром рабочего колеса 44 мм, рассчитанный для работы под давлением 0,63 Мпа. Расход воздуха через шлифовальную машину на холостом ходу составил 370 л/мин., при этом температура воздуха в ходе испытаний составляла 22°C, атмосферное давление 750 мм ртутного столба. Не смотря на технические требования к условиям работы пневматических шлифовальных машин, давление в заводских магистралях сжатого воздуха очень часто отличается от величины в 0,63 Мпа. Поэтому испытания проводились в диапазоне давления сжатого воздуха от 0,4 до 0,63 Мпа. На рисунке 1 приведены результаты измерений эффективной мощности. Анализ полученных результатов показывает, что оптимальный режим разработанного микротурбинного привода лежит в диапазоне характеристического отношения $U / C_0 = 0,15 \dots 0,25$, где U - окружная скорость на периферии рабочего колеса, C_0 - теоретическая скорость истечения рабочего тела, определяемая по располагаемому теплоперепаду. При этом потери мощности вследствие падения давления рабочего тела на входе в шлифовальную машину можно определить по графику на рисунке 2.

Исследования, промежуточные результаты которых изложены в данной статье, проводятся при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Соглашения № 14.577.21.0104 с федеральным государственным бюджетным образова-

тельным учреждением высшего профессионального образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57714X0104).

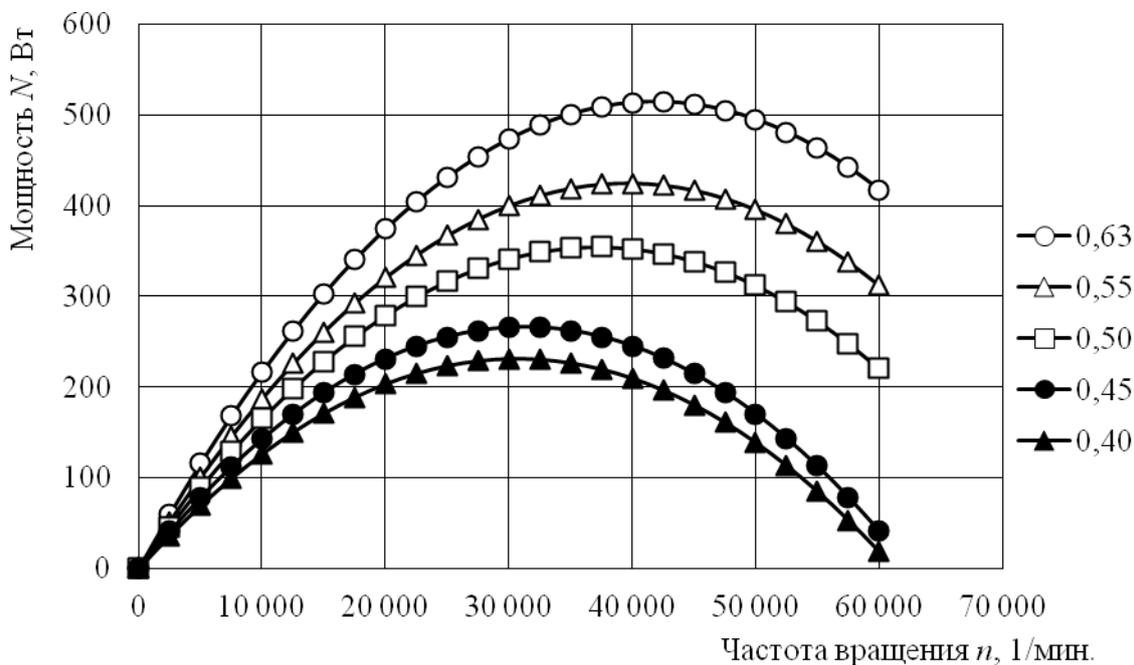


Рис. 2. Эффективная мощность, развиваемая шлифовальной машиной в зависимости от давления рабочего тела P_0 , МПа.

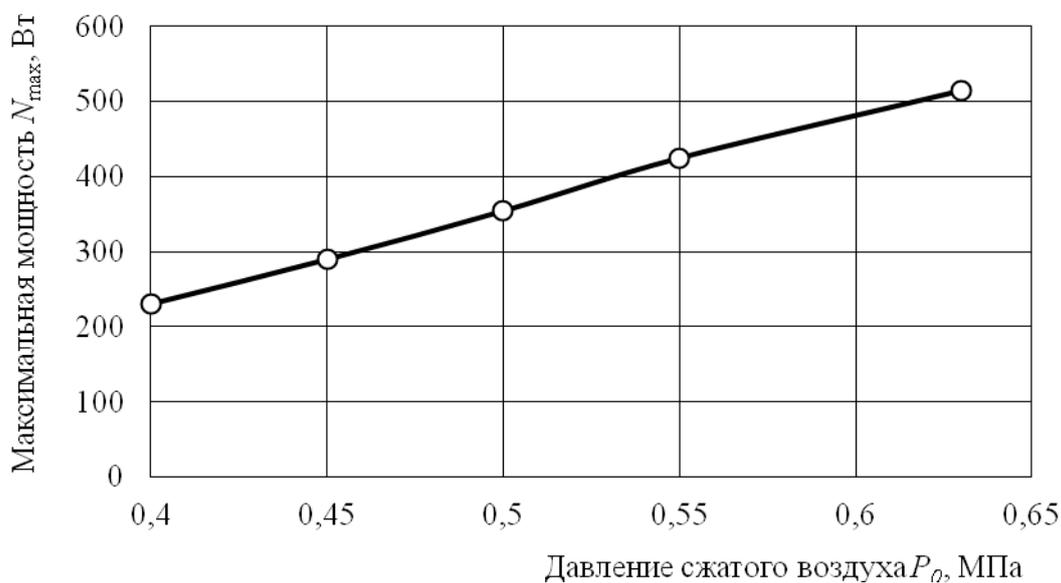


Рис. 3. Изменение максимальной мощности шлифовальной машины в зависимости от давления рабочего тела P_0 , МПа.

Литература

1. Кузнецов Ю.П. Турбинный привод // Патент на полезную модель RUS 139138, F01D 1/32. Опубл. 10.04.2014, бюл. №10.

2. Выбор направления исследований в области создания шлифовальных машин с пневматическим микротурбинным приводом [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.) / Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева; рук. В.Л. Химич. – Нижний Новгород, 2014. - 318 с. - Исполн. : В.Л. Химич, Ю.П. Кузнецов, Л.А. Захаров, С.Н. Хрунков, А.Б. Чуваков, Е.А. Косолапов, А.А. Крайнов. - Библиогр.: с. 147-152. - № ГР 114120170001.

3. Расчетно-теоретические исследования проектных решений по созданию шлифовальных машин с пневматическим микротурбинным приводом [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.) / Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева; рук. В.Л. Химич. – Нижний Новгород, 2014. - 147 с. - Исполн. : В.Л. Химич, Ю.П. Кузнецов, Е.А. Косолапов, С.Н. Хрунков, А.Б. Чуваков, С.И. Герасимов, В.А. Кикеев, А.А. Крайнов. - Библиогр.: с. 104-107. - № ГР 114120170001.

4. Разработка технической документации и изготовление экспериментальных образцов пневматических шлифовальных машин с микротурбинным приводом [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.) / Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева; рук. В.Л. Химич. – Нижний Новгород, 2014. – 1 151 с. - Исполн. : В.Л. Химич, Ю.П. Кузнецов, Е.А. Косолапов, С.Н. Хрунков, А.Б. Чуваков, С.И. Герасимов, В.А. Кикеев, Б.Б. Байдюсенов, Т.И. Терегулов, А.В. Воробьев, В.Н. Резчиков, А.А. Крайнов. - Библиогр.: с. 128-129. - № ГР 114120170001.

5. Кузнецов Ю.П., Чуваков А.Б. Экспериментальная установка для исследования малоразмерных турбинных ступеней // «Известия ВУЗов. Машиностроение», № 4, 2013. С. 58-64.

E. Minaev, D. Artyukhov (E.H. Минаев, М.А. Мачеев)

Saratov State Technical University, Saratov

CALCULATION OF OXYGEN MASS TRANSFER IN A BOUNDARY LAYER IN FORCED CONVECTION OF WATER IN CHANNELS OF POWER PLANTS AT THEIR CATHODIC PROTECTION FROM CORROSION (РАСЧЁТ МАССОПЕРЕНОСА КИСЛОРОДА В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ ПРИ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ ВОДЫ В КАНАЛАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПРИ ИХ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЕ ОТ КОРРОЗИИ)

Катодная поляризация нашла широкое применение для понижения скорости коррозии металла. Она используется при защите конструкций и оборудования из стали, медных и алюминиевых сплавов в слабощелочных средах, например, в воде повышенного солесодержания (трубопроводы забортной воды, низкотемпературные теплообменники, охлаждаемые морской водой и т.д.). С физико-химической точки зрения на защищаемой поверхности (катоде) протекает реакция электрохимического восстановления растворённого в воде молекулярного кислорода по реакции



Поскольку молекула кислорода в процессе реакции на поверхности исчезает, а вместо неё образуются гидроксильные ионы, этот процесс можно рассматривать, как поглощение кислорода на стенке. Данная реакция протекает с диффузионным контролем, когда наиболее замедленной стадией реакции становится диффузия кислорода к катоду. Если установить минимальное значение защитного потенциала или более отрицательные значения, то достигается предельный диффузионный ток реакции восстановления кислорода, как это показано на рис.1. Тогда весь подводимый кислород без остатка расходуется в реакции (1) и его концентрация $C(x,y)$ на катоде ($y=0$) равна нулю

$$C(x,y) = 0 \quad , \quad y = 0, \quad 0 < x < \infty . \quad .$$

Целью данной работы является расчёт плотности потока кислорода на защищаемой поверхности. Если провести такой расчёт, то можно спрогнозировать изменение физико-химических свойств приграничного слоя при его катодной поляризации, в частности – изменение водородного показателя

и выпадение соединений кальция и магния, если вода имеет повышенное солесодержание.

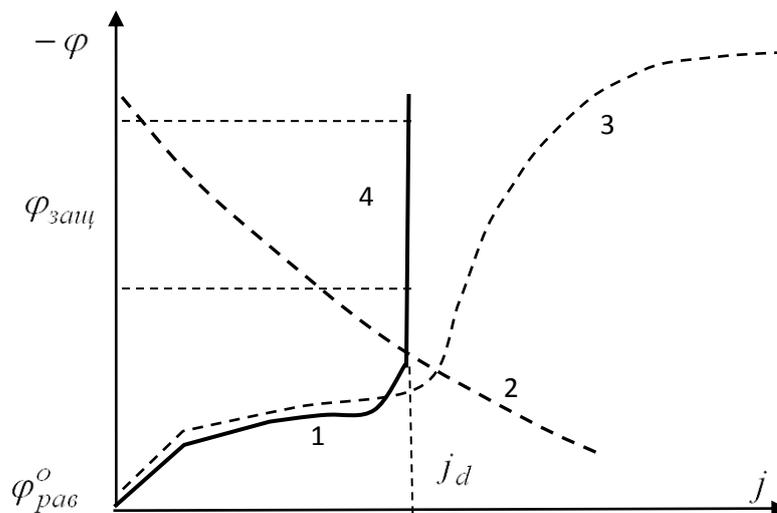


Рис.1. Парциальные кривые и область защитных потенциалов.

1 - парциальная кривая восстановления кислорода; 2 - парциальная кривая растворения металла; 3 - кривая суммарного катодного процесса; 4 – область предельного диффузионного тока (область

При вынужденной конвекции, кроме турбулентного ядра потока, присутствует турбулентный пограничный слой, который при приближении к стенке переходит в ламинарный подслой δ_l , имеющий параболический профиль скорости.

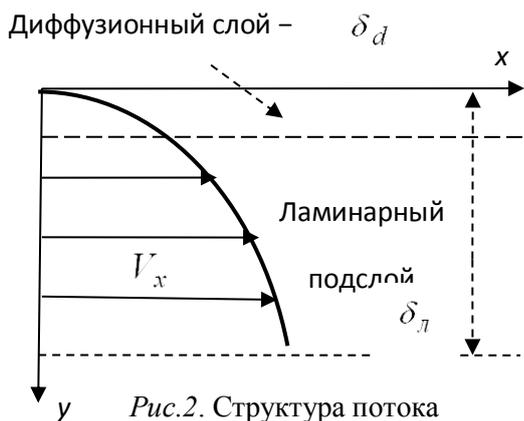


Рис.2. Структура потока

$$V_x(y^*) = b \left(2 \left(\frac{y^*}{\delta_l} \right) - \left(\frac{y^*}{\delta_l} \right)^2 \right)$$

Внутри гидродинамического ламинарного подслоя со стороны стенки образуется диффузионный пограничный слой, толщина которого δ_d значительно меньше толщины ламинарного подслоя δ_l . Тогда та часть профиля

скорости, которая находится в пределах диффузионного слоя (см. рис 2), можно принять линейной $V_x(y) = ay$, где $y = y^*/\delta_l$ есть безразмерная поперечная координата. Если стенка поглощает кислород, то в диффузионном пограничном слое появляется дополнительный градиент концентрации. Для плоского стационарного переноса вещества уравнение конвективной диффузии имеет вид:

$$V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \frac{\partial C}{\partial y} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) .$$

Так как в ламинарном подслое течение носит слоистый характер, то поперечная составляющая скорости равна нулю $V_y = 0$. Учтём так же то, что продольная составляющая скорости V_x имеет определённый профиль поперёк сечения пограничного слоя, то есть зависит от y . Как отмечено выше, этот профиль – линейный. С учётом сделанных замечаний, переписем уравнение

$$ay \frac{\partial C}{\partial x} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) .$$

Задача рассматривается в пределах диффузионного слоя, поэтому поперечная координата имеет порядок $y \sim \delta_d$, а продольная – порядок $x \sim L_x$. Поскольку выполняется соотношение $\delta_d \ll L_x$, то диффузионным членом по координате x можно пренебречь

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \sim \frac{C}{L_x^2} , \quad \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \sim \frac{C}{\delta_d^2} , \quad \text{то} \quad \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \ll \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} ,$$

Используем также естественное утверждение о том, что всюду в ядре потока концентрация кислорода постоянна и равна C_0 , сформулируем краевую задачу для расчёта концентрации кислорода $C(x, y)$

$$\begin{aligned} ay \frac{\partial C}{\partial x} &= D \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} , & 0 < y < \infty , & \quad 0 < x < \infty , \\ C(x, \infty) &= C_0 , & 0 < y < \infty , \\ C(x, 0) &= 0 , & 0 < x < \infty . \end{aligned}$$

При решении данной задачи воспользуемся подстановкой

$$\xi = y \cdot [a / (9Dx)]^{1/3} ,$$

которая позволяет преобразовать краевую задачу в частных производных в задачу по решению обыкновенного дифференциального уравнения

$$\frac{d^2 C}{d\xi^2} + 3\xi^2 \frac{dC}{d\xi} = 0 , \quad (2)$$

$$\begin{aligned} C(\xi) &= 0 \quad \text{при} \quad \xi = 0 , \\ C(\xi) &= C_0 \quad \text{при} \quad \xi = \infty . \end{aligned}$$

Для решения уравнения (2), проведём замену переменной $g = dC/d\xi$, и будем решать уравнение первого порядка

$$\frac{dg}{d\xi} = -3\xi^2 g, \quad \frac{dg}{g} = -d(\xi^3), \quad g(\xi) = Ae^{-\xi^3},$$

а затем вернёмся к исходной функции

$$C(\xi) = A \int_0^{\xi} e^{-\tau^3} d\tau + B.$$

Используя условия однозначности, найдём константу интегрирования $B = 0$ и константу интегрирования A

$$A = \left(\int_0^{\infty} e^{-\tau^3} d\tau \right)^{-1} = \frac{3}{\Gamma(1/3)}, \quad \text{где} \quad \Gamma(1/3) = \int_0^{\infty} \beta^{\frac{1}{3}-1} e^{-\beta} d\beta = 2.679$$

есть Гамма-функция. Таким образом, концентрация кислорода, как функция координат имеет вид

$$C(x, y) = \frac{3 C_0}{\Gamma(1/3)} \int_0^{\xi} e^{-\tau^3} d\tau, \quad \text{где} \quad \xi = y \cdot [a / (9Dx)]^{1/3}.$$

Вычислим производную по y

$$\frac{\partial C}{\partial y} = -\frac{3C_0}{\Gamma(1/3)} \left(\frac{a}{9Dx} \right)^{1/3} \cdot \exp\left(-y^3 \left(\frac{a}{9Dx} \right) \right).$$

Тогда плотность потока кислорода j_m к поверхности $y = 0$ определяется выражением

$$j_m(x, 0) = -D \frac{\partial C}{\partial y} \Big|_{y=0} = \frac{3}{\Gamma(1/3) \sqrt[3]{9}} \left(C_0 a^{1/3} D^{2/3} \right) \frac{1}{x^{1/3}},$$

следовательно, плотность потока медленно убывает вдоль поверхности по закону $j_m \sim 1/x^{1/3}$.

Полученные уравнения позволяют рассчитать скорость коррозии при защите конструкций и оборудования из стали, медных и алюминиевых сплавов в слабощелочных средах, например, в воде повышенного солевого содержания.

*K.V. Nadaraia 1, D.V. Mashtalyar 2, S.V. Gnedkov 2, S.L. Sinebryukhov 2,
A.N. Minaev 1*

¹FEFU, Vladivostok

²Institute of Chemistry FEB EAS, Vladivostok

**FORMATION OF THE PROTECTIVE COMPOSITE COATINGS
ON A MAGNESIUM ALLOY USING AN AQUEOUS SUSPENSION
OF SUPERDISPERSED POLYTETRAFLUOROETHYLENE
(ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
ПОКРЫТИЙ НА МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО
ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА)**

Аннотация

В работе представлены результаты исследования по формированию защитных композиционных полимерсодержащих покрытий на магниевом сплаве МА8 методом плазменного электролитического оксидирования с последующим нанесением ультрадисперсного политетрафторэтилена из водной суспензии. Формируемые покрытия повышают значения модуля импеданса и снижают износ на несколько порядков в сравнении с магниевым сплавом без покрытия и с базовым ПЭО-покрытием.

На сегодняшний день магниевые сплавы рассматриваются, как одни из наиболее перспективных материалов в таких отраслях промышленности, как авиастроение и автомобилестроение, приборостроение и аэрокосмические технологии и т.д. Благодаря низкой плотности и высокой удельной прочности, а также легкости обработки и относительно невысокой стоимости данные сплавы являются реальной альтернативой применяемым сталям и алюминиевым сплавам. Однако, пониженная коррозионная стойкость и малое сопротивление износу существенно сужают область использования этого металла.

Формирование защитных покрытий является одним из самых распространенных способов снижения негативного воздействия агрессивных сред на металлы [1-4] (в том числе и магниевые сплавы). Существующее высокое разнообразие методик формирования защитных слоев, а также функциональных характеристик, которыми они обладают [5-8], что позволяет рассматривать создание покрытий, как одну из самых перспективных

технологий защиты материалов. Одним из наиболее действенных методов формирования подобных покрытий является плазменное электролитическое оксидирование (ПЭО) [4, 6, 8, 9]. Процесс плазменного электролитического оксидирования происходит при более высоких значениях разницы потенциалов электродов в сравнении с обычным анодированием. В таких условиях плазменные разряды возникают на поверхности рабочего электрода при критических значениях напряженности электрического поля (до 1–10 МВ/см). В каналах возникающих разрядов осуществляется транспорт веществ электролита на поверхность металла и их взаимодействие с материалом подложки, в результате чего происходит формирование керамико-подобных оксидных слоев, обладающих широким набором функционально значимых характеристик (коррозионная стойкость и износостойкость, высокие твердость и адгезия к подложке). Следует отметить, что слои, сформированные в результате ПЭО, обладают развитой морфологией поверхности [10, 11], что позволяет рассматривать их в качестве подходящей основы для создания композиционных полимерсодержащих слоев. Подобные композиционные покрытия еще в большей степени повышают защитные характеристики базовых ПЭО-слоев, а также придают поверхности свойства, ранее отсутствовавшие (гидрофобность, антифрикционные свойства и т.д.) [12].

В предыдущих работах в качестве источника полимерных материалов нами были использованы спиртовая суспензия ультрадисперсного политетрафторэтилена (УПТФЭ), а также растворы теломеров тетрафторэтилена (ТФЭ) в ацетоне [13]. Выбор данных материалов обусловлен в первую очередь уникальной химической стойкостью фторполимеров [14]. Однако, в ряде случаев, наличие в составе фторорганических дисперсий таких веществ, как изопропиловый спирт или ацетон существенно затрудняет использование рассматриваемых материалов, а, следовательно, и композиционных покрытий, сформированных с их применением. С целью решения данной проблемы в настоящей работе были сформированы и изучены композиционные слои, полученные с применением водной суспензии УПТФЭ.

В ходе исследования были подобраны оптимальные условия формирования (состав дисперсии, температура, время и кратность обработки полимером) покрытий для получения наиболее высоких защитных свойств. Были проведены электрохимические, трибологические исследования, изу-

чалась морфология и определялась гидрофобность поверхностных слоев с целью качественной и количественной оценки защитных характеристик композиционных покрытий. Анализ данных электрохимических и трибологических испытаний полученных полимерсодержащих слоев выявил повышение модуля импеданса и снижение износа композиционных покрытий в сравнении как с материалом без покрытия, так и с базовым ПЭО-покрытием. Нанесение на поверхность магниевых сплавов подобных композиционных слоев позволяет существенно расширить область их применения.

Литература

1. Portebois L., Mathieu S., Bouizi Y., Vilasi M., Mathieu S. Effect of boron addition on the oxidation resistance of silicide protective coatings: A focus on boron location in as-coated and oxidised coated niobium alloys // *Surface & Coatings Technology*. 2014. V. 253. P. 292–299.
2. Agüero A., González V., Gutiérrez M., Muelas R. Oxidation under pure steam: Cr based protective oxides and coatings // *Surface & Coatings Technology*. 2013. V. 237. P. 30–38.
3. Kohl M., Kalendová A. Effect of polyaniline salts on the mechanical and corrosion properties of organic protective coatings // *Progress in Organic Coatings*. 2015. V. 86. P. 96–107.
4. Mirelman L.K., Curran J.A., Clyne T.W. The production of anatase-rich photoactive coatings by plasma electrolytic oxidation // *Surface & Coatings Technology*. 2012. V. 207. P. 66–71.
5. Ansari F., Naderi R., Dehghanian C. Study on the protective function of cloisite incorporated silane sol–gel coatings cured at different conditions // *Applied Clay Science*. 2015. V. 114. P. 93–102.
6. Нистратова М.В. Защитные оксидные покрытия на магниевых сплавах, сформированные методом плазменного электролитического оксидирования // *Перспективные материалы*. 2008. Т. 5. С. 674–679.
7. Li J.L., Wang Y.X., Wang L.P. Structure and protective effect of AlN/Al multilayered coatings on NdFeB by magnetron sputtering // *Thin Solid Films*. 2014. V. 568. P. 87–93.
8. Минаев А.Н., Гнеденков С.В., Синебрюхов С.Л., Машталяр Д.В., Сидорова М.В., Цветков Ю.А., Самохин А.В. Антинакипные композиционные покрытия, полученные с помощью плазменно-электролитической технологии // *Вестник РФФИ*. 2011. № 1 (69). С. 81–92.
9. Гнеденков С.В., Синебрюхов С.Л., Сергиенко В.И. Композиционные многофункциональные покрытия на металлах и сплавах, формируемые плазменным электролитическим оксидированием. Владивосток: Дальнаука, 2013. 460 с.

10. Lee K.M., Ko Yo.G., Shin D.H. Microstructural characteristics of oxide layers formed on Mg–9 wt%Al–1 wt%Zn alloy via two-step plasma electrolytic oxidation // Journal of Alloys and Compounds. 2014. V. 615. P. S418–S422.
11. Lu X., Blawert C., Scharnagl N., Karl U.K. Influence of incorporating Si₃N₄ particles into the oxide layer produced by plasma electrolytic oxidation on AM50 Mg alloy on coating morphology and corrosion properties // Journal of Magnesium Alloys. 2013. V. 1 (4). P. 267–274.
12. Gnedenkov S.V., Sinebryukhov S.L., Mashtalyar D.V., Nadaraia K.V., Kiryukhin D.P., Buznik V.M., Kichigina G.A., Kushch P.P. Composite coatings formed by plasma electrolytic oxidation and using telomeric tetrafluoroethylene solutions // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2015. V. 60 (8). P. 975-986.
13. Nadaraia K., Mashtalyar D., Gnedenkov S., Sinebryukhov S. Formation of composite coatings using fluoropolymer materials // Solid State Phenomena. 2016. V. 245. P. 103-108.
14. Бuzник В.М. Сверхгидрофобные материалы на основе фторполимеров // Авиационные материалы и технологии. 2013. № 1. С. 29–34.

Выражение благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 14-33-00009) и Правительства РФ (Федерального агентства научных организаций).

Коллектив авторов выражает благодарность за синтез используемых фторогранических материалов к.х.н. Цветникова А.К.

O. S. Portnova, M. V. Gribinichenko, A. N. Minaev, N. A. Gladkova
(*О.С. Портнова, М.В. Грибиниченко, А.Н. Минаев, Н.А. Гладкова*)

FEFU, Vladivostok

OPTIMIZATION OF PERFORMANCE OF THE GAS LUBRICATED BEARINGS (ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДШИПНИКОВ НА ГАЗОВОЙ СМАЗКЕ)

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы оптимизации рабочих характеристик подшипников на газовой смазке.

Приводятся сведения о наиболее существенных недостатках газовых опор, ограничивающих область распространения газовой смазки в технике - повышенном износе рабочих поверхностей и низкой несущей способности смазочного слоя. Рассматриваются методы устранения этих недостатков – применение антифрикционных покрытий, разработка гибридных подшипников.

Ключевые слова: покрытия, турбомашин, лепестковые, гибридные, подшипники, газовый.

Введение

Исследование посвящено оптимизации рабочих характеристик подшипников на газовой смазке турбомашин различного назначения используемых в энергетических установках (турбинные двигатели, турбодетандеры, турбокомпрессоры наддува).

Основное преимущество газовой смазки перед жидкостной – ее малая вязкость. В связи с этим трение в газовых подшипниках существенно меньше, чем в других типах опор, одновременно теплота трения (диссипация тепла) ничтожно мала. Следствием снижения потерь на трение является возможность получения малого износа и большой долговечности таких опор, повышенной экономичности и точности машины или прибора.

В то же время существует ряд недостатков газовых подшипников, которые ограничивают область применения таких опор. Наиболее существенными являются повышенный износ рабочих поверхностей на режимах «сухого» трения в процессе пуска, остановки и при перегрузках машины, а также низкая несущая способность смазочного слоя из-за невысокой вязкости газов.

Снижение износа рабочих поверхностей

Исследования, направленные на снижение износа рабочих поверхностей актуальны и составляют отдельное направление в газовой смазке.

Коллективом авторов предполагается изучить антифрикционные свойства покрытий, получаемых с помощью технологии плазменно-электролитического оксидирования.

Плазменно-электролитическое оксидирование позволяет формировать многофункциональные износ- и коррозионностойкие, диэлектрические и теплостойкие керамикоподобные, а также декоративные покрытия. Результатом действия плазменных микрозарядов является формирование слоя покрытия, состоящего из окисленных форм элементов металла основы и составляющих электролита.

Наличие высоких плотностей рассеиваемой энергии в разрядном канале может привести к формированию покрытий на аноднополяризуемой поверхности, состоящих из оксидов и более сложных соединений, включающих в свой состав элементы электролита. Такие покрытия будут отличаться физико-химическими свойствами от свойств анодных пленок, полученных в аналогичных электролитах до потенциалов искрения.

Основными стадиями образования покрытий в режиме микроплазменного оксидирования являются: возникновение пассивного состояния; образование тонкой, диэлектрически прочной барьерной пленки; ее пробой, сопровождающийся искровыми или микродуговыми разрядами, которые и является движущей силой формирования неорганических покрытий.

Применение плазменно-электролитических покрытий позволит снизить коэффициент трения трущихся поверхностей до значений $0,12 \dots 0,06$, обычно реализуемых при использовании традиционных смазок и обеспечить относительно небольшой износ рабочих поверхностей подшипников с газовой смазкой.

Повышение несущей способности смазочного слоя

Одно из возможных направлений повышения несущей способности газовых подшипников – применение гибридных опор, позволяющих совместить свойства газодинамических и газостатических подшипников. При этом возникает необходимость в методиках проектирования таких подшипников для перехода к их промышленному использованию.

По материалам обзора и оценки перспективных конструкций подшипников с газовой смазкой разработана конструкция осевого гибридного лепесткового подшипника, который и явился объектом исследования.

Разработанный и исследованный в работе подшипник выполнен с лепестками, которые установлены на упругую подложку, в виде гофрированной ленты. Лепестки расположены таким образом, чтобы подшипник имел профилированную рабочую поверхность в виде клиновидных участков, обеспечивающих возникновение газодинамического эффекта.

Для получения газостатического эффекта сжатый газ подается в смазочный зазор через питатели, расположенные в один или несколько рядов по окружности. Питатели располагаются на поверхности пяты.

Математическая модель представлена в виде системы дифференциальных уравнений, обеспечивавших получение поля распределения давлений в смазочном слое, учет проявления газодинамического и газостатического эффектов и деформацию упругой рабочей поверхности под давлением смазочного слоя.

Уравнение для определения давления в смазочном слое получено на основании общего уравнения движения вязких сжимаемых жидкостей в тонком слое переменной величины (уравнение Рейнольдса для газовой смазки).

Для решения этого уравнения введены граничные условия – давления на границах рассматриваемого сектора рабочей поверхности подшипника, а также давления на кромках питателей.

Численный эксперимент, проведенный с помощью разработанной программы, выполнялся для определения зависимостей интегральных характеристик подшипника от конструктивных характеристик и режимных параметров.

Литература

1. Фершалов Ю.Я. Методика физического моделирования газодинамических процессов в проточной части турбомашин // Авиационная техника. Казань. – 2012. – № 4. – С. 71-74.

2. Giri L Agrawal Foil air / gas bearing technology – an overview [Электронный ресурс]// International Gas Turbine – 1997. – No. 5. – URL: <http://www.rddynamics.com/foil-97-gt-347.pdf>.

3. Самсонов А. И. Подшипники с газовой смазкой для турбомашин: монография / А. И. Самсонов. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – 292с.

4. Minaev A.N., Gnedenkov S.V., Sinebryukhov S.L., Mashtalyar D.V., Sidorova M.V., Tsvetkov Yu.A., Samokhin A.V. Composite Coatings Formed by Plasma Electrolytic Oxidation // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2011. – Vol. 47, No. 7. - p. 840-849.

5. Minaev A. N., Gnedenkov S.V., Sinebryukhov S.L., Mashtalyar D.V., Egorkin V.S., Gnedenkov A.S., Nadaraia K.V. Functional Plasma Electrolytic Oxidation Coatings for Offshore Structures. Proceedings of the Twenty-fourth (2014) International Ocean and Polar Engineering Conference, Busan, Korea, June 15-20.– 2014. - p. 418-422.

6. Космынин А. В. Газовые подшипники высокоскоростных турбоприводов металлообрабатывающего оборудования / А.В. Космынин, В.С. Виноградов. – Владивосток: Дальнаука, 2002. – 326 с.

7. Равикович Ю.А. Методика и экспериментальная установка для определения несущей способности осевых лепестковых газодинамических подшипников // Ю.А. Равикович, Ю.И. Ермилов, Д.П. Холобцев. // Авиационная техника. Казань – 2014.– № 4.

8. Куренский А. В., Грибиниченко М. В. Осевые гибридные лепестковые подшипники с газовой смазкой для судовых турбомашин // Судостроение. - 2011. - № 5. - С. 27–29.

9. Грибиниченко, М.В. Обобщенная математическая модель осевых подшипников с газовой смазкой элементов судовых энергетических установок / М.В. Грибиниченко, А.В. Куренский, Ю.Я. Фершалов // Морские интеллектуальные технологии. – 2011. – № 1 (спецвыпуск). – С. 21-23.

10. Патент РФ на изобретение № 2449184. Куренский А.В., Грибиниченко М.В., Самсонов А.И., Самсонов А.А. Упорный подшипниковый узел. Зарегистрировано в гос. реестре изобретений 27.04.2012, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

A. A. Rekada, M. V. Gribinichenko, A. V. Kurenskiy, O. S. Portnova
(*А.А. Рекеда, М.В. Грибиниченко, А.В. Куренский, О.С. Портнова*)

FEFU, Vladivostok

**ANALYSIS OF THE DESIGN FEATURES OF THE GAS BEARINGS
ENHANCING THE CARRYING CAPACITY OF THE LUBRICATING
LAYER (АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГАЗО-
ВЫХ ОПОР, ПОВЫШАЮЩИХ НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ
СМАЗОЧНОГО СЛОЯ)**

Аннотация

Настоящая работа посвящена исследованиям газовых подшипников для их использования в турбомашинах [1] различного назначения.

Рассматриваются различные типы опор на газовой смазке. В работе представлены конструктивные особенности гибридных газовых подшипников, проведен анализ различных форм смазочного зазора осевого лепесткового газового подшипника. Сделан вывод, что применение конструкции упругой подложки с переменной жесткостью по радиусу является одним из способов повышения несущей способности газовых опор.

Ключевые слова: турбомшины, газовый, лепестковые, гибридные, подшипники, клиновидно-равномерный участок.

Введение

В настоящее время происходит бурное развитие турбомашин, совершенствование отдельных элементов и введение конструктивных особенностей роторных машин. Наряду с традиционными опорами (жидкостными подшипниками качения и скольжения) уделяется всё большее внимание газовым опорам, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными подшипниками: это увеличенная эффективность работы вследствие малых потерь на трение в узлах, а также и повышенная долговечность машин, в связи с уменьшенным износом рабочих поверхностей. Сжимаемость газов позволяет улучшить динамические характеристики турбомшины с газовыми опорами, позволяя демпфировать колебания роторов [3].

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение газовых подшипников в машиностроении затруднено из-за низкой несущей способности

существующих газовых опор, и повышение их несущей способности является актуальной задачей.

Типы газовых опор

Возможно применение так называемых газостатических подшипников – с внешним наддувом газа, при условии подачи газа, сжатого от внешнего источника, в смазочный зазор. Опора в этом случае может иметь высокую несущую способность, зависящую в основном от давления подаваемого газа. Например, в станкостроении применяют такие газовые опоры в шпиндельных узлах.

Применение газостатических опор в турбокомпрессоре наддува судового ДВС не требует установки дополнительных компрессоров, так как воздух для смазки получают от самого турбокомпрессора. Давление, создаваемое турбокомпрессором, может быть недостаточным для поддержания ротора данного агрегата.

Устранить этот недостаток позволяет применение газодинамических подшипников, исключающих внешнее нагнетание газа в смазочный зазор. Однако газодинамические подшипники имеют низкую несущую способность и повышенные требования к точности изготовления и монтажа.

Дальнейшее развитие газовой смазки подшипников возможно с применением гибридных опор, в которых совмещаются положительные свойства газодинамических и газостатических подшипников, обеспечивающие более высокую несущую способность [1]. В агрегатах и устройствах могут применяться радиальные и осевые подшипники.

В радиальных подшипниках газ увлекается в суживающийся смазочный зазор вращающимся валом и сжимается, вследствие чего давление в смазочном слое повышается (проявляется газодинамический эффект). Это означает, при движении рабочих поверхностей радиальный подшипник работает как газодинамический. Если при этом в смазочный зазор подать газ, сжатый от внешнего источника, подшипник заработает в гибридном режиме, совмещая свойства газодинамических и газостатических опор.

Практически любой радиальный подшипник с внешним наддувом газа можно назвать гибридным. Однако, в большинстве случаев газодинамическая составляющая несущей способности таких опор значительно ниже газостатической.

Для получения газодинамического эффекта осевые подшипники должны включать специальные элементы. Обычно осевые подшипники проектируют либо газостатическими, либо газодинамическими. Информации по конструкции осевых гибридных подшипников с газовой смазкой до настоящего времени мало.

Конструктивные особенности гибридных газовых подшипников

Гибридный подшипник можно выполнять с клиновидными участками, нанесенными на рабочую поверхность, или с отверстиями (питателями), через которые в смазочный зазор подается сжатый газ (Рис.1,а) [1]. Конструкция такого подшипника проста, но нарушение параллельности жестких рабочих поверхностей может привести к неработоспособности.

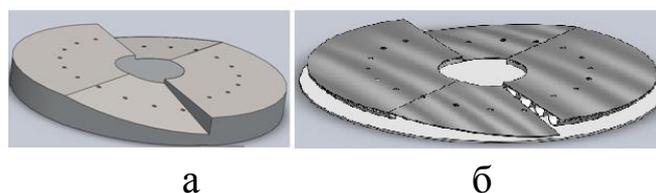


Рис.1 Осевой гибридный подшипник: а) с жесткой рабочей поверхностью; б) с податливой рабочей поверхностью

Одним из направлений устранения указанного недостатка является применение лепестковых подшипников, в которых податливые рабочие поверхности (лепестки) получают широкое применение при газовой смазке. Основным преимуществом таких подшипников является податливость его рабочей поверхности, отслеживающей колебания пяты при работе машины и самоустанавливающейся параллельно её поверхности.

Особенно перспективными представляются конструкции гибридных лепестковых подшипников (Рис.1,б). Принцип их работы подобен подшипникам с жесткой рабочей поверхностью – в клиновидный зазор увлекается и сжимается газ, чем достигается повышение давления. Одновременно с этим в смазочный зазор нагнетается газ, сжатый от внешнего источника, что позволяет обеспечить дополнительное повышение давления в смазочном слое.

Конструкция гибридного лепесткового подшипника принципиально практически не отличается от конструкции газодинамического лепесткового подшипника [2]. Подача газа, сжатого от внешнего источника, осуществляется несколькими способами, а питатели располагаются на рабочей поверхности подшипника или упорном диске.

Расчет гибридного подшипника проводится с учетом совместного влияния газодинамического и газостатического эффектов и деформации упругой подложки, т.е. при одновременном решении задачи газовой динамики и деформации упругой пластины.

На несущую способность подшипника влияет форма смазочного зазора, которая формируется рабочими поверхностями пяты и подпятника. Протяженность и максимальная глубина клиновидного участка, количество клиновидных участков и минимальная величина смазочного зазора имеют оптимальные значения, при которых достигается максимальная несущая способность подшипника. Основы расчета оптимальной формы смазочного зазора осевого подшипника с клиновидными участками приведены в работах [1,2]. Необходимо также рассчитать требуемую жесткость подложки, которая деформируясь, участвует в формировании смазочного зазора. Давление в смазочном слое меняется по всей рабочей поверхности подшипника, поэтому жесткость подложки, воспринимающей усилие от давления, создаваемого в смазочном слое должна быть переменной. Изготовить подложку переменной жесткости можно изменяя расстояние между гофрами (Рис.2).

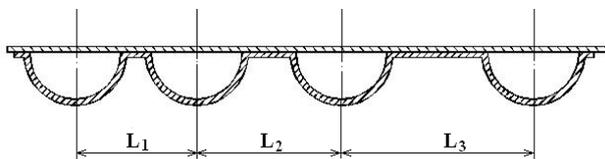


Рис. 2 Гофрированная подложка с переменной жесткостью: $L_1 < L_2 < L_3$

Изменение давления по окружности достигается формой сегментных (клиновидных) участков (рис.3).

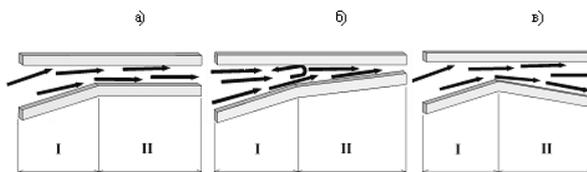


Рис. 3. Возможные формы смазочного зазора осевого ЛГП: а – клиновидно - равномерная; б – с разной степенью клиновидности; в- расширяющаяся; I и II- участки соответственно клиновидный и подложки

Исследования показали: что для обеспечения высокой несущей способности газодинамического и гибридного подшипников следует исполь-

зовать подшипник с клиновидно-равномерной формой смазочного зазора (Рис.3,а) или с разной степенью клиновидности (рис.3,б). Не допускается расширяющаяся форма зазора (рис.3,в), при которой наблюдается резкое падение давления в смазочном слое и несущей способности подшипника.

При движении потока газа в смазочном слое давление достигает максимума на границе клиновидных участков и подложки и затем начинает снижаться. Следовательно, прогиб лепестка максимален на границе этих участков, а затем также начнет уменьшаться, создавая сужающуюся форму смазочного зазора (рис.3,б).

Таким образом, жесткость лепестка по окружности подшипника изменять не требуется, так как при постоянной жесткости зазор принимает форму с разной степенью клиновидности, т.е. приемлемую для работы опоры. Уменьшение жесткости подложки по направлению течения газа может привести к созданию расширяющейся формы смазочного зазора, что недопустимо. Рациональнее представляется конструкция подложки с переменной жесткостью по радиусу.

При увеличении нагрузки лепесток на краях подшипника начнет прижиматься к поверхности пяты и возникнет режим «сухого» трения, которое частично можно исключить увеличением жесткости лепестка (подложки). Другим способом исключения возникающего явления является создание подложки, у которой жесткость меняется по радиусу. Для этого необходимо установить законы, соответствующие изменениям жесткости лепестка и давления в смазочном слое по радиусу.

Выводы

Для повышения долговечности турбомашин и несущей способности осевого лепесткового газового подшипника целесообразно применить конструкцию упругой подложки с переменной жесткостью по радиусу. Использование такой конструкции гибридных подшипников, несмотря на её усложнение из-за включения специальных технических решений, расширит область применения газовой смазки в судовой энергетике.

Литература

1. Грибиниченко М.В. Осевые гибридные подшипники с газовой смазкой для турбокомпрессоров наддува судовых ДВС.: Дис... канд.техн.наук. Владивосток., ДВГТУ, 2006.- 146 с.
2. Грибиниченко М.В., Куренский А.В. Некоторые вопросы проектирования подшипников с газовой смазкой для турбокомпрессоров надду-

ва судовых ДВС// Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы Международной науч.-техн. конф. ДВГ-ТРУ. - Владивосток, 2010. – Ч.1. -С. 312-314.

3. Самсонов, А. И. Подшипники с газовой смазкой для турбомашин: монография / А. И. Самсонов. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – 292с.

A. I. Samsonov, A. A. Samsonov (А.И. Самсонов, А.А. Самсонов)

FEFU, Vladivostok

**ENERGY-EFFICIENT, ENVIRONMENTALLY FRIENDLY
TECHNIQUE BASED ON TURBOMACHINERY WITH BEARINGS
ON GAS LUBRICATION (ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ, ЭКОЛОГИЧЕ-
СКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНИКА НА ОСНОВЕ ТУРБОМАШИН С
ПОДШИПНИКАМИ НА ГАЗОВОЙ СМАЗКЕ)**

Аннотация

Рассматриваются подшипники с газовой смазкой, программы расчёта. Предложены энергоэффективные экологически безопасные технические решения с применением турбомашин с подшипниками на воздушной смазке. Приведены, предложенные в ДВФУ энергетические установки, воздушные турбохолодильные машины, их математические модели, программы расчёта.

Развитие современного машиностроения сопровождается ростом скорости роторов, так как это приводит к повышению производительности машин, уменьшению их габаритов, массы. Но при этом растёт виброактивность машин. Снижение виброактивности, повышение энергоэффективности, надежности машин достигается применением подшипников с газовой смазкой. При этом устраняется масляная система, снижается пожароопасность, возможность загрязнения окружающей среды.

По оценкам исследователей до 1/3 мировых энергетических ресурсов расходуется на преодоление трения в той или иной форме. Сила трения в подшипнике пропорциональна динамической вязкости смазки. Вязкость газов примерно в тысячу раз меньше вязкости жидкостей, применяемых для смазки в подшипниках. Следовательно, в подшипниках, смазываемых

газом, потери на трение, которые становятся существенными с ростом частоты вращения роторов, будут значительно меньше.

Подшипники с газовой смазкой позволяют использовать в качестве рабочего вещества турбомашин, что особенно важно для установок, работающих по закрытому циклу.

Турбомашин с подшипниками на газовой смазке выпускаются серийно в различных отраслях техники, в первую очередь в авиакосмической. По результатам эксплуатации число отказов подшипников составляет 0,2 – 0,3 на миллион часов работы, технический ресурс достигает 100000 часов.

Однако, не смотря на очевидные достоинства опор с газовой смазкой, распространение их в энергетическом машиностроении идёт относительно медленно из-за специфики конструкции и технологических процессов изготовления, недостаточного уровня знаний и опыта проектирования, изготовления и эксплуатации опор с газовой смазкой.

Кроме многих достоинств, подшипники с газовой смазкой имеют существенный недостаток – низкую несущую способность. Наш опыт исследований, проектирования и эксплуатации подшипников с газовой смазкой для турбомашин в ДВГТУ, ДВФУ показывает, что несущая способность подшипников с газовой смазкой достаточна для многих турбомашин, но в узком диапазоне конструктивных и режимных параметров, поэтому требуется более точное проектирование и изготовление, по сравнению с подшипниками на жидкостной смазке.

С теоретической точки зрения смазка газом – это движение газа, т.е. вязкой сжимаемой жидкости в тонком слое переменной толщины. Уравнения газовой смазкой применительно к конкретным типам подшипников выводятся из общих уравнений движения вязких сжимаемых жидкостей (уравнений Навье-Стокса).

Нами разработаны для наиболее распространенных типов подшипников с газовой смазкой программы расчёта на ЭВМ [1], основанные на численном решении уравнения Рейнольдса для газовой смазки, которое в цилиндрических координатах для осевых подшипников имеет вид

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(ph^3 r \frac{\partial p}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(ph^3 \frac{\partial p}{\partial \theta} \right) = 6\mu w \frac{\partial(ph)}{\partial \theta}.$$

Программы позволяют находить поле давлений в смазочном слое подшипников. При известном распределении давления в смазочном слое, можно определить интегральные характеристики подшипника: несущую способность, жёсткость, потери на трение, расход газа на смазку.

Систему конечно-разностных уравнений, полученных из уравнения Рейнольдса, решаем последующими итерациями методом Зейделя до удовлетворения граничным условиям. Сходимость итерационного процесса зависит от выбора начальных приближений давления в узлах сетки. Программа предусматривает наблюдение за ходом расчёта, возможность прерывания расчёта и внесение управляющих воздействий при необходимости.

В ДВГТУ, ДВФУ спроектированы и исследованы турбомашин с подшипниками на воздушной смазке различного назначения среди них:

- гамма турбомашин, используемых в качестве ручного пневмоинструмента,

 - с частотой вращения от 10000 мин^{-1} до 150000 мин^{-1} [2];

- турбокомпрессор наддува ДВС на лепестковых газодинамических подшипниках с частотой вращения 68000 мин^{-1} ;

- газотурбоэлектрогенератор мощностью 100кВт частотой вращения 61000 мин^{-1} по заказу Харбинского политехнического института КНР.

В ДВФУ предложены технические решения с целью создания энергоэффективной, экологически безопасной техники на основе турбомашин с подшипниками на воздушной смазке [3-8]

В современных газотурбинных установках (ГТУ) около $2/3$ энергии, вырабатываемой газовой турбиной, расходуется на сжатие воздуха в компрессоре, приводимом турбиной. Этот воздух необходим для сгорания топлива в камере сгорания ГТУ, а также в качестве рабочего тела для самой турбины, так как мощность газовой турбины пропорциональна массе тела расширяющегося в турбине.

Если коэффициент избытка воздуха при сгорании топлива в поршневых ДВС 1,4 -3,5, в парогенераторах 1,05÷1,2 то в газотурбинных установках (ГТУ) он равен от 3÷6. За счёт воздуха увеличивается масса рабочего тела, охлаждаются стенки камеры сгорания, причём с внутренней стороны камеры сгорания, до приемлемой снижается температура рабочего тела перед турбиной.

Такие большие затраты энергии, вырабатываемой турбиной, на собственные нужды, существенно снижают КПД ГТУ.

В паротурбинных установках (ПТУ) при конденсации отработавшего в турбине пара из цикла при низкой температуре отводится большое количество теплоты, которую сложно использовать и эта энергия относится к потерям ПТУ.

Теплота к рабочему телу в ПТУ обычно подводится в парогенераторах через стенки трубок. Поэтому температура рабочего тела (пара) перед турбиной определяется температурой внешней стенки трубки, которая, выше температуры рабочего тела внутри трубки пароперегревателя. Т.е. температура рабочего тела перед паровой турбиной в ПТУ обычно ниже температуры перед газовой турбиной в ГТУ, где нагрев рабочего тела осуществляется в камере сгорания без разделительной стенки между рабочим телом и очагом сгорания топлива. А снижение температуры приводит к снижению КПД установки.

Цель предложенных энергетических установок [4,5] с газопаровой турбиной (ГПТУ) устранить эти недостатки, повысить эффективный КПД установки, уменьшить вредные выбросы в окружающую среду.

Для этого предлагается в компрессоре ГТУ сжимать воздух, необходимый только для сгорания топлива. Для компенсации массы рабочего тела продукты сгорания смешиваются с водяным паром, который впрыскивается в камеру сгорания, охлаждает стенки камеры сгорания и снижает температуру рабочего тела.

Теплоту, отводимую при конденсации отработавшего в турбине пара, предлагается возвращать в цикл с использованием теплового насоса, компрессор которого приводится газовой турбиной.

Предложенные автономные воздушные турбохолодильные установки на основе турбодетандера [6,7,8] позволяют получать холодный воздух температурой до -80°C без использования фреонов. В качестве хладагента используется природное вещество – воздух.

Для предлагаемых установок разработаны математические модели, составлены программы расчета [9,10].

Литература

1. Самсонов А.И. Подшипники с газовой смазкой [Текст]: монография.-Владивосток: Изд-во Дальневосточного техн. ун-та, 2009.- 292 с.
2. Самсонов А.И., Дидов В.В. Турбомашины с подшипниками на газовой смазке [Текст]/А.И. Самсонов, В.В. Дидов//Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук – 2005, №6. – С.37-40.

3. Упорный подшипниковый узел [Текст]: патент на изобретение №2449184 Рос. Федерация: МПК F16C 17/04, F16C 32/06/ Грибиниченко М.В., Куренский А.В., Самсонов А.И., Самсонов А.А.; заявитель и патентообладатель Дальневосточный федеральный университет; опублик. 27.04. 2012. Бюл. №2.

4. Энергетическая установка [Текст]: Патент на изобретение № 2504666 Рос. Федерация: МПК F01K 21/04/ Лифер Д. С., Самсонов А.И., Самсонов А.А.; заявитель и патентообладатель Дальневосточный федеральный университет; опублик. 20.01. 2014. Бюл. №2.

5. Энергетическая установка [Текст]: Патент на изобретение № 2505682 Рос. Федерация: МПК F01K 21/04/ Лифер Д. С., Самсонов А.И., Самсонов А.А.; заявитель и патентообладатель Дальневосточный федеральный университет; опублик. 27.01. 2014. Бюл. №3.

6. Воздушная холодильная установка [Текст]: Патент на изобретение № 2370711 Рос. Федерация: МПК F25B 11/02, F25B 9/06 /Самсонов А. И.; заявитель Дальневосточный государственный технический университет, патентообладатель Дальневосточный федеральный университет; опублик. 20.10. 2009 Бюл. №29.

7. Способ получения холодного воздуха в турбохолодильной установке [Текст]: Патент на изобретение № 2370712 Рос. Федерация: МПК F25B 11/02, F25B 9/06 /Самсонов А. И., заявитель Дальневосточный государственный технический университет, патентообладатель Дальневосточный федеральный университет; опублик. 20.10. 2009 Бюл. №29.

8. Воздушная холодильная установка [Текст]: Патент на изобретение № 2518984 Рос. Федерация: МПК F25B 9/06, F25B 27/02 / Самсонов А.И., Самсонов А.А., Сазонов Т.В.; заявитель и патентообладатель Дальневосточный федеральный университет; опублик. 16.06. 2014 Бюл. №5.

9. Расчёт цикла парогазовой установки: Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ №2013661906 Рос. Федерация:/Самсонов А.И., Самсонов А.А., Лифер Д.С. Патентообладатель ДВФУ, Гос. регистр. в Реестре программ для ЭВМ 18.12.2013г.

10. Расчёт воздушной турбохолодильной установки: Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ №2014611227 Рос. Федерация: / Самсонов А.И., Самсонов А.А., Зубков К.В. Патентообладатель ДВФУ, Гос. регистр. в Реестре программ для ЭВМ 28.01.2014г.

A. Sobolenko (A.H. Соболенко)

FESTFU, Vladivostok

**THE IMPROVEMENT OF MEASURES TO INSURE ACCIDENT-FREE
OPERATION OF SHIP POWER INSTALLATION (СОВЕРШЕН-
СТВОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
БЕЗАВАРИЙНОЙ РАБОТЫ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
УСТАНОВОК)**

Аннотация

Приведены международные конвенции, разработанные под влиянием морских катастроф и реальной практики аварийности с судами. Как итог в заключение – обращение к человеческому фактору как основному виновнику аварий на современном уровне развития техники. Приведены результаты исследования на тренажере поведения человека в аварийных ситуациях СЭУ. Установлены факторы, влияющие на надёжность человека–оператора в аварийной ситуации. Разработана методика тренажёрной подготовки механиков к адекватному поведению в аварийной ситуации на судне.

Ключевые слова: конвенция, авария, человеческий фактор, тренажёр.

После кораблекрушения «Титаника» мировое сообщество пришло к пониманию необходимости разработки международных правовых актов, устанавливающих требования к состоянию транспортного и рыболовного флота и его эксплуатации.

Начиная с сороковых годов прошлого века, International Marine Organization (IMO) и International Labor Organization (ILO) разработали ряд международных конвенций по обеспечению безопасности человеческой жизни на море, защите окружающей среды от загрязнения с судов, обеспечению нормальных условий жизни и труда для экипажей морских судов.

При разработке и применении упомянутых конвенций, функции контроля за их исполнением возлагались на два соответствующих института – государство, под чьим флагом плавает судно (государство флага) и специализированная организация - классификационное общество. Ответственность же за исполнение конвенционных требований возлагались на владельца судна. Однако практика показала, что какие бы жесткие требования к судам не предъявлялись со стороны международных организаций, эти требования не выполнялись. Государство флага старается предоста-

вить своим судовладельцам наиболее благоприятные условия работы (с экономической точки зрения) и с другой стороны, государство флага не всегда имеет возможность осуществлять действенный и постоянный контроль, как за состоянием судна, так и за его работой.

Для устранения данных противоречий был введен надзор со стороны классификационных обществ различных стран. Для этой цели был разработан Международный Кодекс по Управлению Безопасностью МКУБ (ISM Code) [1].

В 1999 году резолюцией ИМО А.849 (20) принимается «Кодекс по расследованию морских аварий и инцидентов». Затем появилась Резолюция ИМО А. 884(21), «Руководство по расследованию человеческого фактора в морских авариях и инцидентах».

Проблема обеспечения безопасной эксплуатации главных дизелей (ГД) обозначена в требованиях ИМО как неотъемлемая часть требований Международного кодекса STSW 75/78 (Standards of Trainings, Certification and Watchkeeping) [1].

Вместе с тем аварийные происшествия с дизелями на флоте происходят и после принятия вышеуказанных мер.

Человеческий фактор оказывает существенное влияние на появление аварий судовых дизелей. Его изучение наряду с отысканием путей снижения его влияния на аварийность является на сегодняшний день актуальной задачей.

Ввиду выше сказанного можно предположить, что большинство действий совершаемых обслуживающим персоналом и направленных на устранение неисправности не всегда приводят к желаемому результату. Причиной тому служат несколько факторов: психологическое состояние человека в паре с профессиональными навыками. Если человек недостаточно квалифицирован, ему тяжело обнаружить аварийную ситуацию на первых её стадиях развития, а значит, теряется время. Далее когда ситуация управляема с трудом, то человек морально не подготовленный не сможет сфокусировать всё своё внимание на данной проблеме, проанализировав в кратчайший срок выявить причину и предпринять меры её устранения.

В этой связи весьма важно, чтобы судовой экипаж был подготовлен к правильным действиям при возникновении аварийной ситуации в машинном отделении. Такая подготовка стала возможной с появлением тренажёров СЭУ.

С использованием тренажёров СЭУ Транзас нами были проведены исследования поведения различных групп судомехаников в аварийной ситуации [2].

Одной из задач эксперимента было выявление качеств, психофизиологических функций, которые детерминируют процессы обеспечения эффективности и надежности профессиональной деятельности. В эксперименте учитывались следующие факторы: – стаж; – квалификация; – возраст; – функциональная надёжность (уровневенность нервных процессов, сила процессов возбуждения/торможения, подвижность нервных процессов, объём внимания, произвольное внимание, избирательность внимания, концентрация); – профессиональная надёжность (ошибки человека-оператора, своевременность действий, мотивация достижения).

За время выполнения задания испытуемыми совершались ошибки в действиях, что фиксировалось инструктором. При этом было установлено семь факторов оказывающих превалирующее влияние на успешность деятельности судомеханика.

Были выявлены узлы и механизмы комплекса СЭУ являющие затруднения в диагностировании и анализе их состояния операторами СЭУ разных этапов профессиональной реализации.

На основе проведённых исследований на тренажере была создана методика по подготовке операторов СЭУ (судомехаников) на тренажёрном комплексе к правильным действиям в штатных и аварийных ситуациях.

Литература

1. Резолюция ИМО А.742(18) с поправками 2000 года «Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (Международный кодекс по управлению безопасностью (МКУБ))». – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2000 г. –37 с.

2. Глазюк Д.К. Рекомендации по подготовке судовых механиков с применением современных тренажёрных комплексов судовых энергетических установок на базе ЭВМ. «Научное обозрение» № 6, - М., 2014 г.. С. 391-397.

3. Amit Ray. Simulator-aided training and assessment in reducing human error // The 5th International Conference on Engine Room Simulators: Proceeding. –Singapore Polytechnic, Singapore, p. 25-26 June, 2001.

*A.A. Sokolov, D.P. Opra, S.V. Gnedenkov, S.L. Sinebryukhov,
V.V. Zheleznov, E.I. Voit, A.N. Minaev (A.A. Соколов 1,2, Д.П. Опра 1,
С.В. Гнеденков 1, С.Л. Синебрюхов 1, В.В. Железнов 1, Е.И. Войт 1,
А.Н. Минаев 2)*

¹FEFU, Vladivostok

²Institute of Chemistry FEB EAS, Vladivostok

**ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF NANOSTRUCTURED
TiO₂(ANATASE) DEPENDING ON THE DEGREE OF DOPING
OF Hf FOR SECONDARY LI-ION BATTERY (ЗАВИСИМОСТЬ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО TiO₂(АНАТАЗ) ОТ СТЕПЕНИ
ДОПИРОВАНИЯ Hf ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА)**

Аннотация

Наноструктурированный $Ti_{1-x}Hf_xO_2$ ($x = 0; 0.01; 0.02; 0.05$) в кристаллографической модификации анатаз, синтезирован с использованием темплатного золь-гель метода. Состав, морфологические особенности и строение соединений исследованы методами энергодисперсионной спектроскопии, сканирующей электронной спектроскопии и КР-спектроскопии. Методом электрохимической импедансной спектроскопии определена электропроводность материалов. Изучена зависимость электрохимических свойств TiO_2 (анатаз) от степени допирования гафнием, оценена перспективность использования данного материала в качестве анода ЛИА.

Диоксид титана в кристаллографической модификации анатаз является перспективным анодным материалом для Li-ионных аккумуляторов (ЛИА) с точки зрения безопасности их эксплуатации, вследствие повышенного потенциала интеркаляции/деинтеркаляции ионов Li^+ (1.6–1.8 В) в сравнении с графитом (0.1–0.3 В). К недостаткам TiO_2 в анатазной модификации относятся низкая проводимость (10^{-12} – 10^{-7} См/см) и затрудненная диффузия Li^+ (10^{-15} – 10^{-9} см²/с) [1]. Перспективным способом модифицирования TiO_2 является введение в кристаллическую структуру ионов металлов (например, Ni^{2+} , Hf^{4+} и др.), приводящее к перераспределению заряда в решетке, повышению дефектности структуры, увеличению проводимости [2].

В настоящей работе в качестве анодного материала ЛИА исследован наноструктурированный $Ti_{1-x}Hf_xO_2$ ($x = 0; 0.01; 0.02; 0.05$) в кристаллографической модификации анатаз, полученный с использованием темплатного золь-гель метода.

Согласно данным элементного анализа, в составе $Ti_{1-x}Hf_xO_2$ присутствует Ti, Si и Hf. Содержание Si во всех образцах – 2 ат.%. Содержание Hf составляет 0.4 ат.%, 0.8 ат.% и 1.4 ат.% для образцов $Hf/Ti = 0.01$, $Hf/Ti = 0.02$ и $Hf/Ti = 0.05$, соответственно. Принимая во внимание состав раствора, использованного при синтезе, следует предположить нахождение элементов в форме оксидов.

Исследования $Ti_{1-x}Hf_xO_2$ методом СЭМ показывает, что материал представлен наноструктурированными микротрубками длиной 10–100 мкм и наружным диаметром 1–5 мкм. Стенки трубок состоят из наночастиц, размером 25 нм. Посредством спектроскопии КР установлено, что микротрубки состоят из нанокристаллитов, имеющих структуру анатаза. Введение Hf^{4+} (вплоть до $Hf/Ti = 0.05$) не приводит к изменению фазового состава материала.

С использованием ЭИС установлено, что проводимость допированного Hf^{4+} диоксида титана ($Hf/Ti = 0.05$) на пять порядков выше ($2.1 \cdot 10^{-6}$ См/см) по сравнению с недопированным TiO_2 ($4.4 \cdot 10^{-11}$ См/см).

Электрохимические испытания $Ti_{1-x}Hf_xO_2$ относительно Li^+/Li проводили посредством гальваностатического разряда/заряда в диапазоне от 3 до 1 В при плотности тока 33.5 мА/г (0.1С). Обратимая емкость после 20-ти кратного циклирования составила 64 мА·ч/г ($Hf/Ti = 0$), 67 мА·ч/г ($Hf/Ti = 0.01$), 88 мА·ч/г ($Hf/Ti = 0.02$) и 154 мА·ч/г ($Hf/Ti = 0.05$).

По результатам исследования установлено, что повышение степени допирования TiO_2 ионами гафния положительным образом сказывается на обратимости интеркаляции/деинтеркаляции Li^+ в/из структуру(ы) материала и способствует повышению его электропроводности. Продемонстрирована перспективность использования в качестве анодного материала Li -ионного аккумулятора наноструктурированного допированного Hf диоксида титана ($Hf/Ti = 0.05$) в кристаллографической модификации анатаз, синтезированного с использованием темплатного золь-гель метода

Литература

1. S.V. Gnedenkov, D.P. Opra, S.L. Sinebryukhov, V.G. Kuryavyi, A.Yu. Ustinov, V.I. Sergienko. J. Alloy. Compd. 621(2015)364.

2. Y. Ren, J. Li, J. Yu. *Electrochim. Acta.* 138(2014)41.

Выражение благодарности

Авторы выражает благодарность сотрудникам ИХ ДВО РАН за помощь в проведении экспериментов и участие в обсуждении результатов: к.х.н. А.Б. Подгорбунскому и Ю.В. Сушкову.

A. Yurtayev, A. Semenikhin, L. Tsygankova, A. Hannanov, V. Porshkevich, D. Ibragimov (А.А. Юртаев, А.А. Семенухин, Л.П. Цыганкова, А.М. Ханнанов, В.В. Поршкевич, Д. И. Ибрагимов)

FEFU, Vladivostok

EXPERIMENTAL STAND FOR RESEARCH BLADE WHEELS OF MICROTURBINES (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ КОЛЁС МИКРОТУРБИН)

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы, посвященные двигателям с помощью которых возможно выполнение требований мобильности и автономности разнообразных малоразмерных аппаратов. К таким двигателям можно отнести турбомашину с малым расходом рабочего тела (газ или пар). Это актуально для различных приборов и инструментов таких как: приводы топливных насосов морских судов, мобильные автономные электростанции, пневмоинструмент. Ограничения расхода рабочего тела влекут за собой снижение необходимой площади проходных сечений проточной части микротурбин. Применение в таких турбинах ступеней с полным подводом рабочего тела влечет за собой сильное уменьшение высот рабочих лопаток, из-за этого используются сопловые аппараты с частичным подводом рабочего тела к рабочему колесу, то есть турбина становится парциальной. В следствие этого происходят большие потери энергии на вентиляцию в зоне неактивной дуги и на краях дуги подвода рабочего тела.

В работе рассмотрен один из возможных путей решения проблемы, связанной с парциальностью. Им является применение в турбомашине сопловых аппаратов с малыми конструктивными углами выхода потока из

сопел [1, 2]. Применение таких сопловых аппаратов предопределяет большой угол поворота потока в каналах рабочего колеса, что связано с ограничениями толщины диска последнего. Разрабатываемый для исследований стенд предназначен для изучения газодинамических характеристик рабочих колес, которые будут использованы в микротурбинах где угол выхода сопел ниже 9° и рабочее колесо имеет большой относительный шаг рабочих лопаток. Такая конструкция позволит выполнять микротурбины с полным подводом рабочего тела, увеличить высоту проточной части, что снизит вышеуказанные потери кинетической энергии рабочего тела, связанные с его парциальным подводом к рабочему колесу. До сих пор не были решены задачи, связанные с низкой эффективностью микротурбин этого типа, которая обусловлена сложными условиями течения рабочего тела в каналах рабочего колеса, из-за большего, чем в полноразмерных турбинах, негативного влияния шероховатости поверхностей проточной части и большими углами поворота каналов в рабочем колесе. Это приводит к росту потерь на трение и усилению неравномерности потока, что снижает КПД микротурбины. Поэтому основное направление решения проблем повышения эффективности подобных турбин – оптимизация конструкции проточной части рабочих колес, обеспечивающая их газодинамическое совершенство.

В работе предлагается при проектировании и расчёте параметров подобных микротурбин отказаться от использования существующих стандартных методик конструирования рабочих колес турбин, так как небольшие углы выхода потока рабочего тела из сопел соплового аппарата обуславливают большие углы поворота потока в рабочем колесе, вследствие чего увеличивается его толщина при сохранении эффективного шага. Для сохранения необходимой толщины диска рабочих колес, установленных в ступени с соплами сопловых аппаратов указанного типа, лопатки выполняются с большим относительным шагом, из-за этого для увеличения эффективности использования подобных микротурбин нужно выполнить расчеты, связанные с аэродинамическим совершенствованием и определением оптимальных геометрических и режимных факторов проточных частей рабочего колеса с большим углом поворота потока.

Несмотря на развитие математических методов [3], эксперимент не теряет своей актуальности. В работе приведена разработанная, на основе прототипа [4], конструкция экспериментального стенда для получения ис-

ходных данных, позволяющих применять рациональное профилирование конструктивных параметров рабочих колес [5-6] для совершенствования осевых микротурбин с учетом режимных параметров турбинных ступеней. Учтены особенности изучения осевых малорасходных турбин, имеющих малые размеры, заключающиеся в труднодоступности к элементам проточной части, подлежащих исследованию. Экспериментально доказано, что рабочее колесо существенно влияет на работу соплового аппарата [7-10] и значительно усложняет процессы, происходящие на выходе из сопел сопловых аппаратов за счет периодического пересечения потока рабочего тела, исходящего из сопел сопловых аппаратов в область между рабочим колесом и сопловым аппаратом, лопатками рабочего колеса. Это подтверждает актуальность работ по изучению газодинамических характеристик рабочих колес, работающих в составе ступени с целью обеспечение оптимальной конфигурации проточной части малорасходных турбин с учетом обратного влияния на газодинамические характеристики сопловых аппаратов возмущений потока рабочего тела, исходящих от кромок лопаток вращающегося рабочего колеса. В связи с этим поставлена задача создать конструкцию экспериментального стенда, позволяющую определить газодинамические характеристики рабочих колес на различных режимах работы малорасходных турбин.

В работе использованы эмпирические и теоретические методы исследования.

Благодаря исследованиям, направленным на определение газодинамических характеристик сопел сопловых аппаратов и параметров рабочего тела в области между сопловым аппаратом и рабочим колесом [11-14] появилась возможность изучения такого элемента турбинной ступени, как рабочее колесо с точки зрения его эффективности и угла выхода потока рабочего тела из него. Последнее необходимо в случае проектирования турбины с числом ступеней больше чем одна.

Спроектированный экспериментальный стенд позволит получить значения коэффициента скорости рабочего колеса и угла выхода потока из него с достаточной точностью. На основании результатов исследования, полученных на стенде возможно дальнейшее исследование, основанное на построенных регрессионных моделях для определения оптимального сочетания режимных и конструктивных факторов работы.

Для снижения изнашивания поверхностей экспериментального стенда будут нанесены покрытия. Вид и технология нанесения которых будет определена на основании результатов работы [15]

В дальнейшем предполагается использовать для исследований методы, применяемые на основе акустических исследований [16].

Использование полученных результатов для других размеров проточных частей предполагается, воспользовавшись рекомендациями, изложенными в [17].

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. А.Ю. Фершалова.

Литература

1. Фершалов Ю.Я. Моделирование, анализ и совершенствование газодинамических характеристик судовых осевых сверхзвуковых малорасходных турбинных ступеней // диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Дальневосточный федеральный университет. Владивосток, ДВФУ, 2015.

2. Фершалов Ю.Я. Моделирование, анализ и совершенствование газодинамических характеристик судовых осевых сверхзвуковых малорасходных турбинных ступеней // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Дальневосточный федеральный университет. Владивосток, ДВФУ, 2015.

3. G.V. Alekseev, Stability estimates in the problem of cloaking material bodies for Maxwell's equations, *Comp. Math. and Math. Phys.* 54 (2014) 1788-1803.

4. Рассохин В.А., Раков Г.Л., Никитенко Е.Л., Фершалов Ю.Я., Смирнов К.А. Экспериментальный стенд для исследований малорасходных турбин при высоких степенях расширения // депонированная рукопись № 423-90 18.04.1990.

5. Fershalov Andrey Yu., Fershalov Mikhail Yu., Fershalov Yuriy Ya., Sazonov Timofey V. Results of the Study Rotor Wheels Supersonic Microturbines with a Large Angle of Rotation of the Flow / Andrey Yu. Fershalov, Mikhail Yu. Fershalov, Yuriy Ya. Fershalov, Timofey V. Sazonov // *Applied Mechanics and Materials Vols. 752-753 (2015) pp 884-889*

6. Fershalov A.Yu., Analysis and optimization of efficiency rotor wheels microturbines / A.Yu. Fershalov, Ju.Ya. Fershalov, M.Yu. Fershalov, T.V.

Sazonov, D.I. Ibragimov // Applied Mechanics and Materials Vols. 635-637 (2014) pp 76-79.

7. Фершалов А.Ю., Фершалов Ю.Я. Газодинамические характеристики проточной части рабочих колес турбин с большим относительным шагом // В сборнике: XXXIX неделя науки СПбГПУ Материалы международной научно-практической конференции. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. 2010. С. 42-43.

8. Фершалов Ю.Я., Цыганкова Л.П., Фершалов А.Ю. Факторы, наиболее сильно влияющие на газодинамические характеристики сопловых аппаратов осевых турбин // В сборнике: Исследования по вопросам повышения эффективности судостроения и судоремонта Сборник. Примор. краев. правления ВНТОС им. акад. А. Н. Крылова. Дальневост. гос. техн. ун-т. [Б.м.], 2010. С. 275-286.

9. Фершалов А.Ю., Грибиниченко М.В., Фершалов Ю.Я. Эффективность рабочих колес малорасходных турбин с большим углом поворота потока // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2011. № 117. С. 52-55.

10. Фершалов А.Ю., Грибиниченко М.В., Фершалов Ю.Я. Газодинамические характеристики рабочих колес осевых турбин с большим углом поворота проточной части // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 2012. № 1. С. 88-98.

11. Fershalov M.Yu., Fershalov A.Yu., Fershalov Ju.Yu. Calculation reactivity degree for axial low-account turbines with small emergence angles of nozzle devices // Advanced Materials Research Vols. 915-916 (2014) pp 341-344.

12. Fershalov M.Yu., Microturbines degree of reactivity / M.Yu. Fershalov, Ju.Ya. Fershalov, A.Yu. Fershalov, T.V. Sazonov, D.I. Ibragimov // Applied Mechanics and Materials Vols. 635-637 (2014) pp 354-357.

13. Fershalov Ju.Yu., Sazonov T.V. Experimental research of the nozzles // Advanced Materials Research Vols. 915-916 (2014) pp 345-348.

14. Sazonov T.V., Experimental installation for the study of nozzles microturbines /T.V. Sazonov, Ju.Ya. Fershalov, M.Yu. Fershalov, A.Yu. Fershalov, D.I. Ibragimov // Applied Mechanics and Materials Vols. 635-637 (2014) pp 155-158.

15. Портнова О.С., Минаев А.Н. Формирование защитных покрытий методом плазменного электролитического оксидирования на бывших в

эксплуатации деталей и изделиях из титановых сплавов с термическим оксидным слоем на поверхности // Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 9-1 (14). С. 137-139.

16. Korenbaum V.I., Rasskazova M.A., Pochekutova I.A., Fershalov Y.Y. Mechanisms of sibilant noise formation observed during forced exhalation of a healthy person // Acoustical Physics. 2009. Vol. 55. № 4-5. pp 528-537.

17. Fershalov Yu.Ya. Technique for physical simulation of gasodynamic processes in the turbomachine flow passages // Russian Aeronautics (Iz.VUZ), 2010, Vol. 55, No. 1, pp. 424–429. © Allerton Press, Inc., 2012. (Original Russian Text© Yu.Ya. Fershalov, 2012, published in Izvestiya VUZ. Aviatsionnaya Tekhnika, 2012, No. 1, pp. 71–74.).

*A. Yurtayev, A. Semenikhin, L. Tsygankova, A. Hannanov, V. Porshkevich,
D. Ibragimov (А.А. Юртаев, А.А. Семенухин, Л.П. Цыганкова,
А.М. Ханнанов, В.В. Поршкевич, Д. И. Ибрагимов)*

FEFU, Vladivostok

**EXPERIMENTAL STAND FOR RESEARCH NOZZLE BLOCKS OF
MICROTURBINES (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ СОПЛОВЫХ АППАРАТОВ МИКРОТУРБИН)**

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы, связанные с такой областью турбостроения, как микротурбины. Это относится к одной из наиболее наукоемких и капиталоемких отраслей машиностроения. Растущие требования к эффективности и надежности турбомашин, а также расширение диапазона параметров и условий эксплуатации паровых и газовых турбин создают предпосылки для их непрерывного конструктивного и технологического совершенствования.

Турбины, рассматриваемого в статье типа, находят широкое применение в качестве приводных двигателей турбоагрегатов различного назначения во многих областях техники в том числе в судостроении в качестве приводных двигателей для вспомогательного оборудования входящего в

состав энергетической установки, в авиации в качестве главных двигателей беспилотных летательных аппаратов.

В связи с тем, что в сопловом аппарате происходит наибольший переход потенциальной энергии потока газа в кинетическую, для последующего совершения работы в рабочем колесе, поэтому совершенство его конструкции является очень важным условием получения высокого коэффициента полезного действия турбины. Поэтому, исследования, по решению проблем недостаточно высокой эффективности сопловых аппаратов осевых микротурбин, являются актуальными.

В настоящее время для обработки больших объемов информации, связанных с течением жидкости или газа [1, 2] применяются современные математические методы, но экспериментальные исследования не потеряли своей актуальности и до сих пор остаются единственным способом подтвердить теоретические данные.

Результаты исследования сопловых аппаратов заключающиеся в определении газодинамических характеристик газа на выходе из сопел позволяют проводить исследования эффективности рабочих колес [3-13] и характеристик газа в области между сопловым аппаратом и рабочим колесом [14-15].

Сопловые аппараты малых размеров (80 - 160 мм) используют в микротурбинах, которые широко применяют для обеспечения энергетической безопасности объектов различных уровней и назначений. Такие турбины используют в качестве приводных двигателей генераторов, насосных и компрессорных агрегатах, для наддува дизелей судовых энергетических установок.

Сложности изучения течения газа или пара в проточной части микротурбин, заключаются в труднодоступности к элементам проточной части, подлежащих исследованию. К ним относятся сопловые аппараты, рабочие колеса и область между ними. Поэтому часто ограничиваются исследованием одиночных сопел [16, 17], результаты которого, в дальнейшем, распространяют на сопловой аппарат, работающий в составе турбинной ступени. При этом не учитываются влияния потоков газа исходящих из соседних сопел друг на друга, а также влияние различного рода возмущений исходящих от кромок лопаток рабочего колеса, размещенного за сопловым аппаратом. Кроме этого нет учета перестройки газодинамических характеристик потока рабочего тела в области между сопловым аппаратом и рабочим колесом. Все это негативно сказывается на эффек-

тивности турбинной ступени. Это подтверждает актуальность работ по изучению газодинамических характеристик сопловых аппаратов во время их работы обязательно в составе турбинной ступени.

Из вышесказанного следует, что для получения зависимостей газодинамических характеристик газа или пара на выходе из соплового аппарата турбинной ступени в зависимости от режимных и геометрических параметров необходимо проведение экспериментальных исследований сопловых аппаратов на различных режимах работы микротурбин с различными конструктивными характеристиками рабочих колес.

В связи с вышеизложенным представляемая работа посвящена разработанной конструкции экспериментального стенда, позволяющего, получать характеристики сопловых аппаратов микротурбин с достаточной точностью при вращении рабочего колеса, установленного за сопловым аппаратом. А также схеме системы измерений, состоящей из ряда измерительных датчиков и чувствительных элементов, а также модулей обработки показателей, для снятия параметров работы ступеней и получения математических моделей режимов работы микротурбин.

Исследования микротурбин на предложенном стенде с использованием представленной системы измерений позволят определять характеристики сопловых аппаратов микротурбин в условиях, максимально приближенных к реальной работе турбины, за счет вращающегося рабочего колеса за сопловым аппаратом и возможностью снятия моментной характеристики с соплового аппарата. В дальнейшем предполагается использовать для исследований методы, применяемые на основе акустических исследований [18].

Высокие частоты вращения ротора планируется обеспечить за счет использования подшипников на газовой смазке с защитным покрытием [19, 20].

С целью обеспечения возможности использования полученных результатов для других условий работы соплового аппарата необходимо использование методики, изложенной в [21].

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. А.Ю. Фершалова.

Литература

1. G.V. Alekseev, V.A. Levin, Optimization method of searching parameters of an inhomogeneous liquid medium in the acoustic cloaking problem, Dokl. Phys. 59 (2014) 89-93.

2. Фершалов М.Ю., Фершалов Ю.Я. Модель течения вязкого газа в сверхзвуковых соплах турбин // Вологдинские чтения. 2007. № 65. С. 102-103.
3. Фершалов Ю.Я. Моделирование, анализ и совершенствование газодинамических характеристик судовых осевых сверхзвуковых малорасходных турбинных ступеней // диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Дальневосточный федеральный университет. Владивосток, ДВФУ, 2015.
4. Фершалов Ю.Я. Моделирование, анализ и совершенствование газодинамических характеристик судовых осевых сверхзвуковых малорасходных турбинных ступеней // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Дальневосточный федеральный университет. Владивосток, ДВФУ, 2015.
5. Рассохин В.А., Фершалов Ю.Я. Сопловые аппараты с малым углом выхода // Труды Дальневосточного государственного технического университета. 1993. № 111. С. 75-78.
6. Фершалов Ю.Я., Соловьев С.П., Коршунов В.Н., Цыганкова Л.П. Эффективность малорасходной турбины с малыми конструктивными углами выхода сопел соплового аппарата // Морские интеллектуальные технологии. 2013. № S2. С. 80-83.
7. Алексеев Г.В., Фершалов М.Ю., Фершалов Ю.Я. Оптимизация параметров сопловых аппаратов осевых малорасходных турбин // В книге: Актуальные направления в механике сплошных сред Конференция-семинар. 2012. С. 7-8.
8. Фершалов Ю.Я., Акуленко В.М., Фершалов М.Ю. Сопловые аппараты турбин и их эффективность // В сборнике: Вестник Морского государственного университета. Серия Судостроение и судоремонт Сер. "Судостроение и судоремонт" Владивосток, 2011. С. 70-77.
9. Фершалов Ю.Я., Акуленко В.М., Фершалов М.Ю., Цыганкова Л.П. Методы профилирования сопловых аппаратов турбин и определение направления исследований их эффективности // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2011. № 1 (6). С. 92-105.
10. Фершалов Ю.Я., Цыганкова Л.П., Акуленко В.М. Использование поверхности зависимых сечений при профилировании сопел осевой турбины // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2010. № 3 (5). С. 35-41.

11. Фершалов Ю.Я., Алексеев Г.В. Влияние степени расширения сопел с малым углом выхода на эффективность малорасходных турбин // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2013. № 8 (197). С. 18-22.

12. Fershalov Andrey Yu., Fershalov Mikhail Yu., Fershalov Yuriy Ya., Sazonov Timofey V. Results of the Study Rotor Wheels Supersonic Microturbines with a Large Angle of Rotation of the Flow / Andrey Yu. Fershalov, Mikhail Yu. Fershalov, Yuriy Ya. Fershalov, Timofey V. Sazonov // Applied Mechanics and Materials Vols. 752-753 (2015) pp 884-889

13. Fershalov A.Yu., Analysis and optimization of efficiency rotor wheels microturbines / A.Yu. Fershalov, Ju.Ya. Fershalov, M.Yu. Fershalov, T.V. Sazonov, D.I. Ibragimov // Applied Mechanics and Materials Vols. 635-637 (2014) pp 76-79.

14. Fershalov M.Yu., Fershalov A.Yu., Fershalov Ju.Yu. Calculation reactivity degree for axial low-account turbines with small emergence angles of nozzle devices // Advanced Materials Research Vols. 915-916 (2014) pp 341-344.

15. Fershalov M.Yu., Microturbines degree of reactivity / M.Yu. Fershalov, Ju.Ya. Fershalov, A.Yu. Fershalov, T.V. Sazonov, D.I. Ibragimov // Applied Mechanics and Materials Vols. 635-637 (2014) pp 354-357.

16. Fershalov Ju.Yu., Sazonov T.V. Experimental research of the nozzles // Advanced Materials Research Vols. 915-916 (2014) pp 345-348

17. Sazonov T.V., Experimental installation for the study of nozzles microturbines /T.V. Sazonov, Ju.Ya. Fershalov, M.Yu. Fershalov, A.Yu. Fershalov, D.I. Ibragimov // Applied Mechanics and Materials Vols. 635-637 (2014) pp 155-158.

18. Korenbaum V.I., Rasskazova M.A., Pochekutova I.A., Fershalov Y.Y. Mechanisms of sibilant noise formation observed during forced exhalation of a healthy person // Acoustical Physics. 2009. Vol. 55. № 4-5. pp 528-537.

19. Грибиниченко М.В., Куренский А.В., Синенко Н.В. Разработка осевого подшипника с газовой смазкой для судовых турбомашин // Вестник машиностроения. 2013. № 7. С. 50-53.

20. Минаев А.Н., Гнеденков С.В., Синебрюхов С.Л., Машталяр Д.В., Сидорова М.В., Цветков Ю.А., Самохин А.В. Наноразмерные материалы в плазменно-электролитическом формировании композиционных защитных покрытий // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. 2011. № 1. С. 81.

21. Fershalov Yu.Ya. Technique for physical simulation of gasodynamic processes in the turbomachine flow passages // Russian Aeronautics (Iz.VUZ),

2010, Vol. 55, No. 1, pp. 424–429. © Allerton Press, Inc., 2012. (Original Russian Text© Yu.Ya. Fershalov, 2012, published in Izvestiya VUZ. Aviatsionnaya Tekhnika, 2012, No. 1, pp. 71–74.

СЕКЦИЯ 8. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА

*A. Burenin, V. Bezotvetnyh, Yu. Morgunov (А.В. Буренин,
В.В. Безответных, Ю.Н. Моргунов)*

Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok

PROBING OF THE MARINE ENVIRONMENT WITH LOW-FREQUENCY PSEUDORANDOM SIGNALS FROM THE SHELF INTO THE DEEP WATER IN WINTER HYDROLOGICAL CONDITIONS OF THE SEA OF JAPAN (ЗОНДИРОВАНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ НИЗКОЧАСТОТНЫМИ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫМИ СИГНАЛАМИ ИЗ ШЕЛЬФА В ГЛУБОКОЕ МОРЕ В ЗИМНИХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЯПОНСКОГО МОРЯ)

Аннотация

В докладе обсуждаются результаты эксперимента, проведенного в Японском море в марте 2016 на акустической трассе протяженностью 194 км при зимних гидрологических условиях. Анализ экспериментальных импульсных характеристик показал, что фиксируемый во всех точках максимальный первый приход хорошо согласуется с расчетом. Это свидетельствует о том, что на данном горизонте первыми принимаются импульсы, прошедшие по кратчайшему расстоянию и под малыми, близкими к нулю, углами, что позволяет рассчитывать на успешное решение задач дальнометрии.

Освоение и исследование Мирового океана в наши дни практически невозможно без применения гидроакустических средств и методов. Это и акустическая томография и звукоподводная связь и навигация и профилирование дна для поиска углеводородов. Одним из интересных направлений развития методов акустического зондирования является использование особенностей распространения акустических волн из шельфа в глубокое море. Это связано с возможностью применения эффекта акустического «оползня», который заключается в фокусировке акустической энергии в придонном слое на шельфе и переходе ее на ось подводного звукового канала (ПЗК) в глубоком море. В работах [1-4] экспериментально показано, что применение этого эффекта в летне-осенних и весенних гидрологиче-

ских условиях Японского моря позволяет повысить эффективность решения задач акустической томографии неоднородностей морской среды, звукоподводной связи и навигации. Так как подобные зондирующие комплексы должны функционировать круглогодично, возникла необходимость исследовать особенности распространения широкополосных импульсных сигналов в зимних гидрологических условиях, когда в морской среде вместо ПЗК формируется приповерхностный звуковой канал.

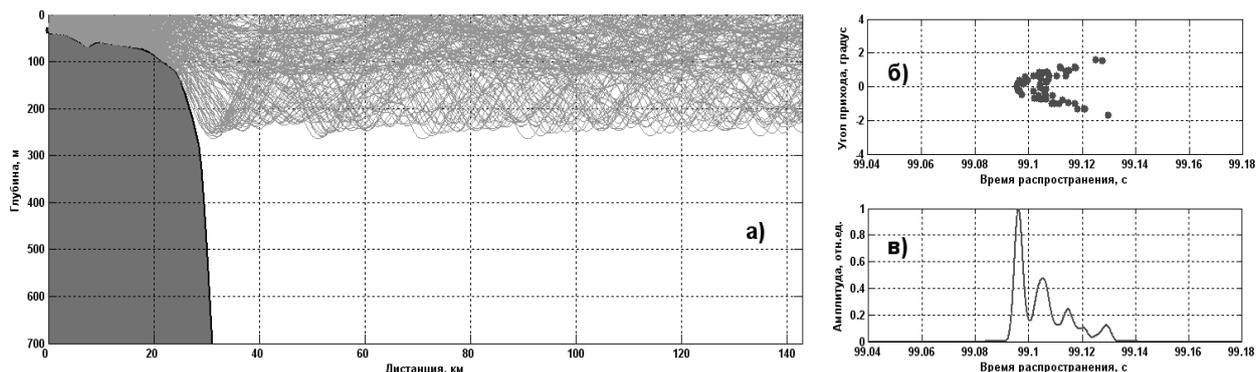


Рис.1. Рельеф дна и пример лучевой картины для данной акустической трассы

В докладе обсуждаются результаты эксперимента, проведенного в Японском море в марте 2016 на акустической трассе протяженностью 194 км, включающей мелководный шельфовый участок около 20 км (рис.1а). Исследования проводились в течение пяти суток и заключались в приеме сложных фазоманипулированных сигналов, излучаемых источником расположенном на шельфе, в четырех точках на удалении 26, 82, 139 и 194 км. В марте гидрологические условия на шельфовом участке трассы и в верхнем слое глубоководной части моря характеризовались наличием положительного вертикального градиента скорости звука, кроме точек № 2 и 3 (рис.2 слева). Отличие удалось объяснить после анализа изображения поверхностной температуры со спутника (рис.2 справа). Видно, что акустическая трасса в точках №2 и 3 пересекает периферию синоптического вихря, где температура повышается до 3-х градусов.

Методика проведения эксперимента была следующая. В 150 метрах от береговой черты на глубине 34 метра был установлен на грунт широкополосный пьезокерамический излучатель и соединен кабелем с береговым постом управления. Один раз в минуту излучались сложные фазоманипулированные сигналы (М-последовательности, 255 символов, 4 периода несущей частоты на символ) с центральной частотой 500 Гц. Длительность

сеансов излучения варьировалась от 20 до 120 минут. Для приема сигналов использовался радиогидроакустический буй, внутри которого размещаются радиопередатчик, модуль GPS, система единого времени (СЕВ) для синхронизации излучающей и приемной систем, усилитель акустических сигналов, источник питания. При помощи кабеля осуществляется соединение надводной части буя с гидрофоном, заглубленным ориентировочно до 70 м. В центр анализа данных, расположенный на судне, по радиоканалу осуществлялась передача поступающей с гидрофона акустической информации и данных с GPS о местоположении дрейфующего буя. Далее производилось вычисление функций взаимной корреляции принятых сигналов, с репликами излученных для получения импульсных откликов канала распространения.

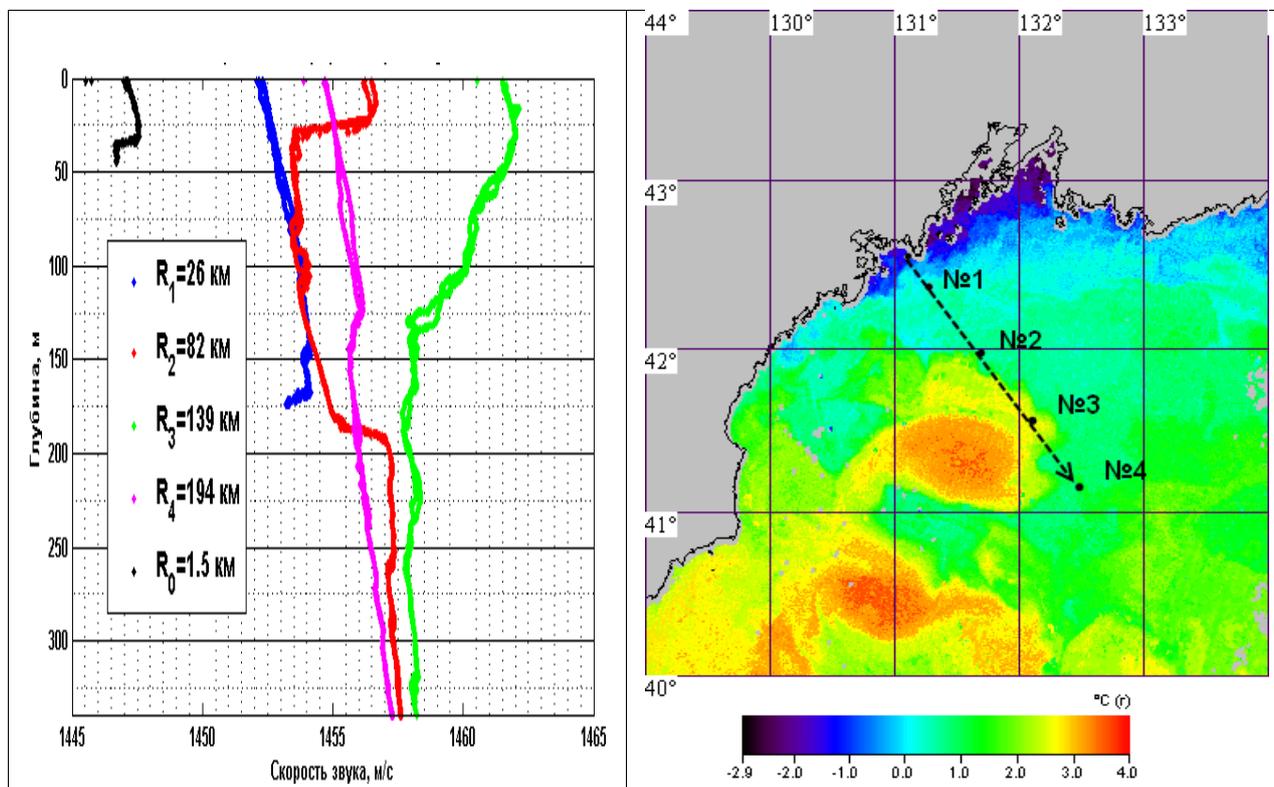


Рис. 2. Гидрологическая обстановка на акватории: (слева) Вертикальные профили скорости звука; (справа) Поверхностная температура. Снимок со спутника

На рис.3 приведены 20-ти минутные фрагменты импульсных характеристик, полученные в четырех точках трассы. Можно отметить стабильную, с хорошим превышением над помехой структуру импульсных приходов. Для сравнения были выполнены численные расчеты лучевой структуры поля (рис.1а), импульсной характеристики (рис.1в) и угловой структуры (рис.1б) для точки №3.

Анализ экспериментальных импульсных характеристик показывает, что фиксируемый во всех точках максимальный первый приход хорошо согласуется с расчетом. Это свидетельствует о том, что на данном горизонте первыми принимаются импульсы, прошедшие по кратчайшему расстоянию и под малыми, близкими к нулю, углами (рис.1б). Этот факт позволяет рассчитывать на хорошие точности расчетов расстояний между корреспондирующими точками при решении навигационных задач. Следует отметить, что влияние вихря мало повлияло на формирование импульсного отклика волновода, т.к. оно происходило на небольшом отрезке трассы. Стабильный характер импульсных характеристик во времени позволяет рассчитывать на успешную реализацию систем звукоподводной связи.

Авторы выражают благодарность В.Б. Лобанову и С.Ю. Ладыченко за предоставленные космические снимки и их физическую интерпретацию.

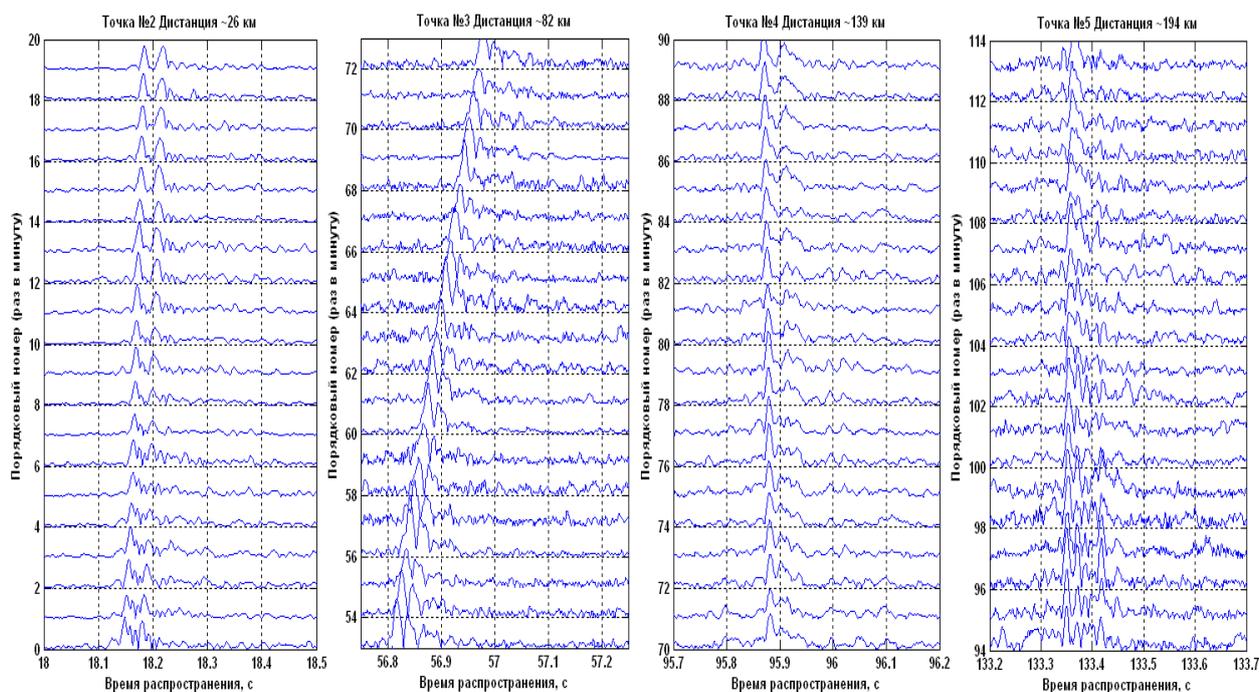


Рис. 3. Импульсные характеристики

Литература

1. Безответных В.В., Буренин А.В., Моргунов Ю.Н., Половинка Ю.А. Экспериментальные исследования особенностей распространения импульсных сигналов из шельфа в глубокое море // Акуст. журн. 2009. Т.55. №3, С.374–380.
2. Акуличев В.А., Безответных В.В., Буренин А.В., Войтенко Е.А., Моргунов Ю.Н. Эксперимент по оценке влияния вертикального профиля

скорости звука в точке излучения на шельфе на формирования импульсной характеристики в глубоком море // Акуст. журн. 2010. Т.56. №1, С.51–52.

3. Моргунов Ю.Н., Безответных В.В., Буренин А.В., Войтенко Е.А. Исследование влияния гидрологических условий на распространение псевдослучайных сигналов из шельфа в глубокое море // Акуст. журн. 2016. Т.62. №3, С.341–347.

4. Spindel R.C., Na J., Dahl P.H., Oh S., Eggen C., Kim Y.G., Akulichev V.A., Morgunov Y.N. Acoustic Tomography for Monitoring the Sea of Japan: A Pilot Experiment // IEEE Journal of Oceanic Engineering, 2003. V.28. №2. P.297-302.

K.V. Chupina (К.В. Чупина)

FEFU, Vladivostok

**AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF ELECTRIC DRIVE WITH
OBSERVER FOR DAMPING SYSTEM OF VESSEL DESCENT-RISE
DEVICE (СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ
С НАБЛЮДАТЕЛЕМ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ КОМПЕНСАТОРНОГО
МЕХАНИЗМА СУДОВОГО СПУСКОПОДЪЕМНОГО
УСТРОЙСТВА)**

Аннотация

Эффективное использование объектов океанотехники (автономных и неавтономных подводных аппаратов различного назначения) во многом определяется тем, какие меры предприняты для уменьшения влияния качки судна-носителя на отклонение глубины погружения подводного объекта (ПО). Для этого судовые спускоподъемные устройства (СПУ) должны иметь функцию компенсации влияния качки на глубину погружения привязного подводного объекта. В докладе рассматриваются вопросы проектирования системы автоматического управления электро-приводом компенсаторного устройства (СУЭП) в судовом СПУ, функционирующем в условиях качки судна. Сформулированы основные требования, предъявляемые к СУЭП СПУ – это устойчивость, эффективная компенсация основного возмущения, обеспечение плавных переходных процессов при отработке управляющих воздействий, подаваемых на амортизирующее

устройство СПУ. Показано, что наилучшим образом эти требования удовлетворяются в комбинированной СУЭП с многомерным модальным регулятором. Оценка эффективности СУЭП производилась путем расчета дисперсии скорости, вызванной морским волнением. Расчет показал, что дисперсии скорости привода уменьшаются в десятки раз.

Существует широкий класс судовых устройств, функционирующих в условиях случайных внешних воздействий. Таковыми являются, например, рулевые комплексы, системы динамического позиционирования судов, буксируемые и привязные подводные объекты, опускаемые и поднимаемые с использованием спускоподъемных устройств. Основным видом случайного возмущающего воздействия для них является морское волнение.

Волнение осложняет работу гребного винта, который может периодически оголяться. Это понижает упор винта, уменьшает скорость движения судна, снижает действие винта на перо руля, усложняется задача удержания судна на заданном курсе. При использовании буксируемых и привязных подводных объектов под действием качки судна происходят вертикальные перемещения точки подвеса троса. Усилия, вызванные этими перемещениями, передаются по тросу на подводный объект, изменяя глубину его погружения. В результате существенно затрудняется или вообще становится невозможным проведение целого ряда подводных работ.

Например, при длине троса до шести километров уже при волнении два-три балла оказывалось невозможным проведение таких подводных работ, как захват малоразмерных затонувших предметов, хотя масса подводных объектов (ПО) достигала нескольких тонн, наблюдались удары ПО о грунт и взмучивание донных осадков. Из-за рывков в тросе возможно самопроизвольное срабатывание регистрирующих приборов, установленных на ПО, увеличивается погрешность показаний чувствительных измерительных преобразователей, возможны потеря и разрушение приборов и оборудования. Трудности при выводе ПО на заданную глубину погружения и сползание приборов по тросу под действием качки судна-носителя приводит к необходимости проведения повторных работ [1, 2].

Производство океанологических работ усложняется в условиях свежей и штормовой погоды. При волнении четыре-пять баллов работа становится малопродуктивной, а выбор тихой погоды зачастую бывает невозможным. Простой для судов большого тоннажа составляет до 15%

времени от продолжительности рейса, а для судов среднего и малого тоннажа – еще больше. Это приводит к снижению эффективности использования дорогостоящего научно-исследовательского оборудования и всего судна в целом, существенно сужается круг задач, поддающихся экспериментальному решению.

Таким образом, успешное использование ПО во многом определяется тем, какие меры предприняты для уменьшения влияния качки судна-носителя на отклонение его глубины погружения. Для этого судовые спускоподъемные устройства (СПУ) должны иметь функцию компенсации влияния качки на глубину погружения привязного подводного объекта [1, 2].

В докладе рассматриваются вопросы проектирования системы автоматического управления электроприводом амортизирующего устройства (СУЭП) в судовом СПУ, функционирующем в условиях качки судна.

Сформулированы основные требования, предъявляемые к СУЭП СПУ – это устойчивость, эффективная компенсация основного возмущения, обеспечение плавных переходных процессов при отработке управляющих воздействий, подаваемых на компенсаторное устройство СПУ.

Показано, что наилучшим образом эти требования удовлетворяются в комбинированной СУЭП с многомерным модальным регулятором [3].

Для расчета такой СУЭП необходимо расширить модель объекта управления, объединив математические модели электропривода и морского волнения как основного возмущающего воздействия. Для этого была решена задача идентификации возмущения.

Выполнена оптимизация параметров модального регулятора. Для получения полной информации о фазовых координатах СУЭП и возмущающего воздействия был выполнен синтез астатического наблюдающего устройства.

Оценка эффективности СУЭП производилась путем расчета дисперсии скорости, вызванной морским волнением. Расчет показал, что дисперсии скорости привода уменьшаются в десятки раз. При этом переходные процессы при отработке управляющих воздействий, подаваемых на амортизирующее устройство СПУ, протекают без перерегулирования.

Литература

1. Кувшинов, Г.Е, Наумов, Л. А, Чупина, К. В. Системы управления глубиной погружения буксируемых объектов: монография / Г.Е. Кувшинов, Л.А. Наумов, К. В. Чупина. Владивосток: Дальнаука, 2005. – 285 с.

2. Г.Е. Кувшинов, Л.А. Наумов, К.В. Чупина, П.И. Чепурин. Электроснабжение и стабилизация глубины погружения подводной зарядной станции: монография. Владивосток: Дальнаука, 2015. – 201 с.

3. Терехов В.М, Осипов О.И. Система управления электроприводов: учеб. пособие /В.М. Терехов, О.И. Осипов. -2-е изд.М. : 2005. – 300 с.

G. Dolgikh 1,2, S. Dolgikh 1,2, A. Subote 1, V. Fischenko 1,2, V. Chupin 1,2, V. Shvets 1,2, S. Yakovenko 1,2 (Г.И. Долгих 1,2, С.Г. Долгих 1,2, А. Е. Суботэ1, В.К. Фищенко 1,2, В.А. Чупин 1,2, В.А. Швец 1,2, С.В. Яковенко 1,2)

1Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok

2FEFU, Vladivostok

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR HYDRO-BIOLOGICAL MONITORING (АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА)

Аннотация

С целью изучения распределения на шельфах морей первичной биомассы, исследования зависимости данного распределения от динамики среднемасштабных и мелкомасштабных гидросферных процессов, а также определения возможной зависимости появления рыб различных размеров и ракообразных от плотности первичной биомассы создан оптический комплекс, состоящий из лазерного измерителя вариаций давления гидросферы, флюориметра и системы подводного видеомониторинга.

Основными установками комплекса являются: лазерный измеритель вариаций давления гидросферы, флюориметр и система подводного видеомониторинга.

Лазерный измеритель вариаций давления гидросферы, подробно описанный в [1], см. рис.1, создан на основе модифицированного интерферометра Майкельсона с использованием в качестве источника света частотно-стабилизированного гелий-неонового лазера фирмы MellesGriott. Его чувствительным элементом является мембрана, на внутреннюю поверхность которой падает луч лазера из системы «глаз кошки» интерфе-

рометра, а внешняя часть контактирует с водой, на которую и действует переменное гидросферное давление. Колебания мембраны измеряются посредством измерения вариаций фазового набегла лазерного луча в интерферометре, система регистрации которого создана по принципу системы экстремального регулирования, применяемой ранее нами как при создании лазерных деформографов [2] и лазерных нанобарографов [3], так и при создании лазерных измерителей вариаций давления гидросферы новых конструкций [4]. В бассейне проведена калибровка лазерного измерителя вариаций давления гидросферы, вошедшего в состав оптического комплекса гидробиологического мониторинга, и оценена его чувствительность при толщине мембраны 1 мм и диаметре 10 см. В процессе проведения испытаний было установлено, что изменение давления на 1 Па эквивалентно изменению выходного сигнала на 0.15 В. Применение 10-разрядного цифро-аналогового преобразователя в системе регистрации позволяет измерять смещение мембраны с точностью 10^{-3} от $\lambda/2$. Ввиду того, что «переброс» следящей системы с одного максимума интерференционной картины на другой эквивалентен изменению выходного сигнала на 5 В точность измерения вариаций гидросферного давления при выше указанной мембране равна 30 мПа в частотном диапазоне от 0 до 1000 Гц. Лазерный измеритель вариаций давления гидросферы закреплён в кубической конструкции решётчатого типа, в которой также установлен флюориметр.

Погружной флюориметр СЗ™ компании Turner Design стандартного типа, вошедший в состав комплекса, укомплектован двумя оптическими датчиками, датчиком глубины и предустановленным температурным датчиком. Полиформальдегидный корпус прибора имеет высокую стойкость к агрессивной окружающей среде. На оптическом блоке СЗ™ размещены медные протекторы, предохраняющие от обрастания, и способствуют уменьшению биозагрязнения вблизи оптических датчиков. Дополнительно флюориметр укомплектован светозащитной блендой. Технические характеристики прибора: вес 1,4 кг, длина 23 см, диаметр 10 см, рабочий диапазон температур -2 – 50 °С, рабочая глубина до 600 м, частота дискретизации - 1 Гц. Позволяет получить минимально возможное количество содержания хлорофилла в воде в голубом излучении 0.025 мкг/л и в красном излучении 0,5 мкг/л. При динамическом измерении регистрирует объем содержания до 500 мкг/л.



Рис. 1. Внутренний вид лазерного измерителя вариаций давления гидросферы

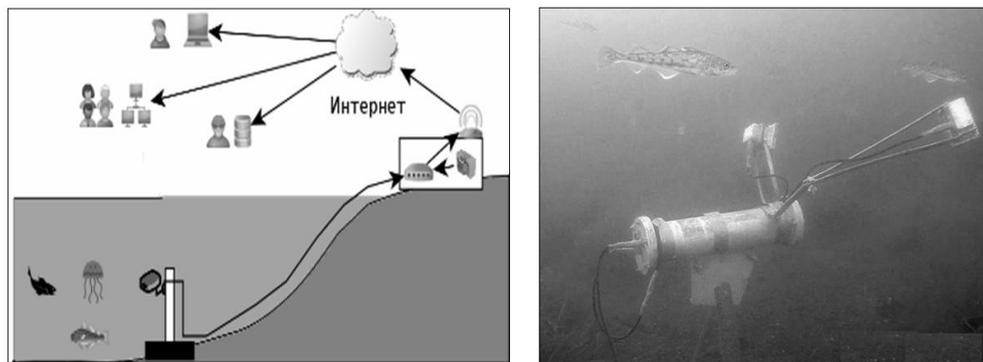


Рис. 2. Схема размещения системы подводного видеомониторинга и её вид под водой

Для визуального контроля состояния морского биоразнообразия в месте установки лазерного измерителя вариаций давления гидросферы и флюориметра развернута система долговременного непрерывного подводного видеонаблюдения. Ее конструкция подобна конструкциям двух систем, которые с 2013 г. в тестовом режиме испытываются в бухте Алексеева (остров Попова) [5]. Система состоит из подводного модуля, кабелей электропитания и связи, берегового пункта обеспечения. Подводный модуль состоит из гидроизолированного металлического бокса с установленными в нем IP-камерой Tantos Tsi-B231Z и устройством управления Kernelchip Jerome, двух осветителей, массивного основания с вертикальной штангой для крепления бокса (рис.2). Камера обеспечивает регистрацию и передачу в береговую локальную сеть и далее в сеть Интернет изображений и видео с разрешением FullHD (1920 x 1080 пикселей) со

скоростью 30 кадров секунду. Она снабжена моторизованными объективом, позволяющим дистанционно изменять его фокусное расстояние в диапазоне 2.8 – 12 мм, что приводит к изменению угла обзора подводной сцены от 23 до 82 градусов. Устройство управления подводным модулем обеспечивает включение и отключение осветителей, позволяет отслеживать температуру внутри бокса, сигнализировать о протечках воды. Береговой пункт обеспечивает бесперебойную подачу электроэнергии к системе видеонаблюдения и прием-передачу сигналов сети Интернет. Связь внутри комплекса выполнена по технологии Ethernet, а канал связи с берегом – по технологии PowerLine на устройствах D-link DHP-306av.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФ (соглашение №14-50-00034, создание комплекса) и программы «Дальний Восток».

Литература

1. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Швец В.А., Чупин В.А., Яковенко С.В. Лазерный измеритель вариаций давления гидросферы // Приборы и техника эксперимента. 2005. №6. С. 137-138.

2. Долгих Г.И., Валентин Д.И., Долгих С.Г., Ковалёв С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В., Фищенко В.К. Применение лазерных деформографов вертикальной и горизонтальной ориентаций в геофизических исследованиях переходных зон // Физика Земли. 2002. №8. С.69-73.

3. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Корень И.А., Новикова О.В., Овчаренко В.В., Окунцева О.П., Швец В.А., Чупин В.А., Яковенко С.В. Лазерный нанобарограф и его применение при его изучении бародеформационного взаимодействия // Физика Земли. 2004. №8. С.82–90.

4. Долгих С.Г., Будрин С.С., Плотников А.А. Компенсация воздействия температуры на работу лазерных интерферометров // Приборы и техника эксперимента. 2016. №3. С.147-148.

5. Маркевич А.И., Суботэ А.Е., Зимин П.С., Фищенко В.К. Первый опыт использования системы долговременного подводного видеонаблюдения для биологического мониторинга в заливе Петра Великого (Японское море) // Вестник ДВО РАН. 2015. № 1. С. 86-91.

*V. Filaretov 1, A. Konoplin 1, N. Konoplin 2 (В. Ф. Филаретов 1,
А. Ю. Коноплин 2, Н. Ю. Коноплин 2)*

1FEFU

2Institute of Automation and Control Processes FEB RAS, Vladivostok

**DEVELOPMENT OF A METHOD OF SYNTHESIS OF UNDERWATER
VESSEL CONTROL SYSTEM WITH MULTI-LINK MANIPULATOR
FOR AUTOMATIC PERFORMANCE OF MANIPULATIVE
OPERATIONS IN HOVER MODE (РАЗРАБОТКА МЕТОДА
СИНТЕЗА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМ
АППАРАТОМ С МНОГОЗВЕННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ
АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫПОЛНЕНИЯ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ
ОПЕРАЦИЙ В РЕЖИМЕ ЗАВИСАНИЯ АППАРАТА)**

Аннотация

Малогобаритные автономные подводные роботы (АПР) часто используются для выполнения мониторинга водной среды и донной поверхности в акваториях различных типов. При выполнении таких работ необходимо решать взаимосвязанные задачи по предварительному (желательно, оптимальному) планированию траектории движения АПР, а также действиях робота при встрече с неучтенными препятствиями (естественного или искусственного происхождения). В последнем случае речь идёт об организации обхода препятствия или перепланировании заданной траектории движения робота. В докладе рассматриваются как алгоритмы планирования траектории, так и обхода препятствий, основанные на различных подходах. Обсуждаются результаты использования алгоритмов в реальных условиях.

Ключевые слова: автономный подводный робот; мониторинг акваторий; оптимальное покрытие; формирование траектории движения; обход препятствий; планирование миссии; информационно-управляющая система; агенты тактического уровня.

Существует задачи, связанные с использованием автономных подводных роботов (АПР) в ограниченных (как правило, мелководных) акваториях. К задачам такого рода можно отнести, например, экологический мониторинг и обзорно-поисковые работы в прибрежной полосе моря. При выполнении подобных работ АПР перемещается на небольшом отстоянии

от грунта, а траектория движения аппарата представляет собой заранее спланированную композицию из одного или нескольких поисковых мандров [1]. К особенностям работы АПР в этих условиях можно отнести возможные ограничения на маневр в вертикальной плоскости, а также наличие неучтенных препятствий как естественного происхождения (береговая линия, отмели и т.п.), так и искусственного происхождения (затонувшие объекты).

Для обнаружения препятствий и определения дистанций до дна в переднем секторе обзора аппарата в большинстве случаев используется эхолокационная система (ЭЛС) с различным количеством дальномеров. На практике маневры АПР по огибанию препятствий часто ограничивают только вертикальной плоскостью. Такие маневры в подавляющем большинстве случаев эффективнее по времени и с максимальной вероятностью ведут к успеху. Как следствие, на АПР размещают ограниченное количество дальномеров (2–3), расположенных в вертикальной плоскости. Эта тенденция особенно заметна для малогабаритных («ручных») аппаратов. В то же время способность к горизонтальному маневру для АПР, оснащенного даже минимальным количеством дальномеров, может повысить вероятность выполнения миссии.

В докладе рассматриваются алгоритмы формирования и коррекции траектории движения АПР, выполняющего мониторинг в акваториях различных типов. В контексте данной работы типы акваторий характеризуются как глубиной места (мелководные, глубоководные), формой (одно-связные простые и сложные, многосвязные), рельефом (естественный или с искусственными объектами), так и степенью детализации априорной информации об акватории (наличие карты). Совокупность алгоритмов позволяет решать следующие задачи:

- создание оптимальной траектории покрытия, обеспечивающей гарантированный обзор каждого участка дна бортовыми поисковыми средствами;
- коррекцию или перепланирование траектории во время её реализации при обнаружении препятствий различных типов.

Под оптимальным покрытием понимается траектория с минимальным количеством прямолинейных отрезков движения (галсов) и поворотов АПР при соблюдении требования о заданном расстоянии между галсами. Такая траектория уменьшает энергозатраты АПР и время, необхо-

димое для покрытия. Также улучшаются условия работы бортовых акустических поисковых средств.

В общем случае выполнение мониторинга предполагает следующую последовательность операций:

- 1) предварительное планирование оптимальной сети галсов;
- 2) выполнение запланированной траектории;
- 3) оценка обстановки в случае невозможности продолжения движения по траектории (обнаружение незапланированного препятствия);
- 4) организация обхода препятствия (коррекция траектории) или перепланирование траектории при невозможности обхода (с последующим возвратом к п. 2).

Первая из этих операций выполняется на посту оператора АПР в режиме off-line, остальные три – на борту робота в реальном времени.

Алгоритмы спроектированы для работы в составе программной среды АПР, разрабатываемых и эксплуатируемых в ИПМТ ДВО РАН. Система выполнения и коррекции траектории функционирует как коллектив агентов тактического уровня [2] в информационно-управляющей системе (ИУС) робота. Агенты способны приостанавливать выполнение основной миссии и выполнять обход препятствия при необходимости.

В ИУС АПР для решения задачи планирования и перепланирования траекторий используется модификация алгоритма Хуанга (Huang) [3]. В основе алгоритма лежит теорема о том, что оптимальное покрытие многоугольника состоит из отрезков, которые параллельны его рёбрам. На первом этапе работы алгоритма формируется несколько сетей галсов путём вращения системы координат, связанной с районом. В целях увеличения быстродействия этот этап выполняется с шагом, величина которого определяется вычислительными мощностями АПР. На втором этапе выполняется поиск галса, удовлетворяющего условиям локального оптимума, после чего он попадает в решение задачи. Данный этап выполняется циклически до тех пор, пока задача формирования окончательной сети галсов не будет решена. На третьем этапе формируется траектория движения путём решения задачи коммивояжёра для нахождения кратчайшего пути, соединяющего сеть галсов (рис. 1).

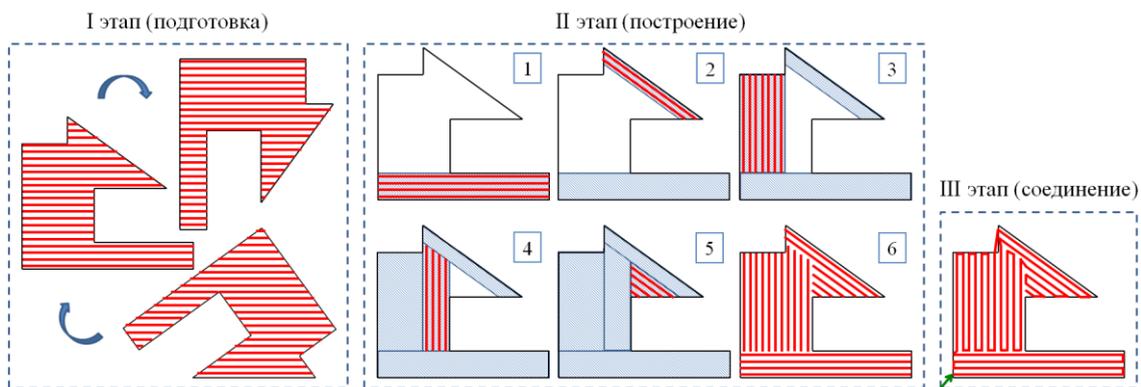


Рис. 1. Этапы работы алгоритма покрытия произвольной области

Задача движения среди препятствий в придонном слое может решаться с использованием как реактивного (поведенческого), так и целевого подходов. Указанные подходы выдвигают разные требования к организации ЭЛС робота, а также к возможностям движительно-рулевого комплекса (ДРК) по осуществлению различных режимов движения. Реактивный подход основан на коррекции траектории движения АПР с использованием текущих данных от ЭЛС, что влечет повышенные требования к количеству лучей эхолокационной системы. Для целевого подхода задача оценки обстановки во время реализации траектории связана с построением модели возможных препятствий по данным эхолокационной системы робота. Для этих целей применяется универсальный алгоритм, способный использовать информацию от одного или нескольких эхолокаторов с фиксированными диаграммами направленности. Задача обхода препятствий решается с привлечением триангуляционных методов и метода потенциалов. Для маневрирования вблизи препятствий используется горизонтальное и вертикальное эхолокационное сканирование с построением трёхмерной карты и методы рекурсивного вызова алгоритма (рис. 2). Такое поведение робота предполагает от ДРК возможность реализации режима движения с малой скоростью (зависания).

В докладе обсуждаются результаты, как натуральных испытаний, так и результаты тестирования разработанных агентов в программной среде ИУС АПР, интегрированной с моделирующим комплексом [4].

Работа выполнена при поддержке грантов РФ № 14-50-00034 (в части разработки алгоритмов покрытия акваторий) и РФФИ № 16-07-00350 (алгоритмы коррекции траектории вблизи объектов и организация модельных экспериментов).

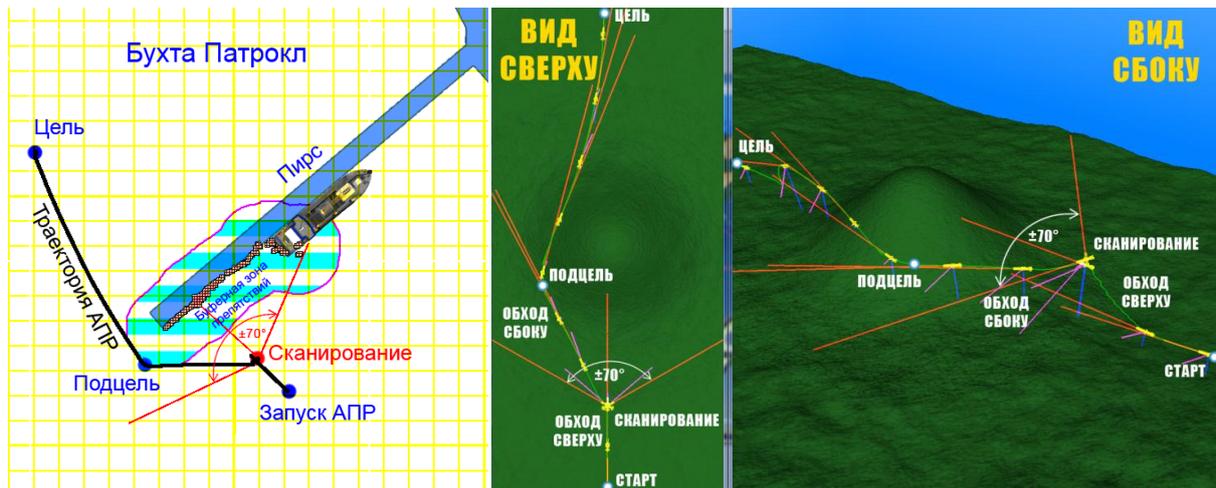


Рис. 2. Траектория АПР при обходе реального препятствия (по данным бортового накопителя информации и Google Map) (слева). Модельный пример обхода препятствия (справа)

Литература

1. Багницкий А.В., Инзарцев А.В. Автоматизация подготовки миссии для автономного необитаемого подводного аппарата в задачах обследования акваторий // Подводные исследования и робототехника, № 2(10), 2010, С. 17-24
2. Инзарцев А.В., Павин А.М., Багницкий А.В. Планирование и осуществление действий обследовательского подводного робота на базе поведенческих методов // Подводные исследования и робототехника, № 1(15), 2013, С. 4-16
3. Huang W.H. Optimal line-sweep-based decompositions for coverage algorithms // Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 6 pp., 2001.
4. Pavin A., Inzartsev A., Eliseenko G., Lebedko O., Panin M. A Reconfigurable Web-based Simulation Environment for AUV // Proceedings of the OCEANS'15 MTS/IEEE Washington DC, October 19-22, 2015

*V. Filaretov 1, A. Gubankov 1, I. Gornostaev 2 (В.Ф. Филаретов 1,
А.С. Губанков 2, И.В. Горностаев 2)*

1FEFU

**2Institute of Automation and Control Processes FEB RAS,
Vladivostok**

**CONTROL FEATURES OF MULTILINK MANIPULATORS
AT LARGE PARTS PROCESSING (ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ
МНОГОЗВЕННЫМИ МАНИПУЛЯТОРАМИ ПРИ ОБРАБОТКЕ
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ)**

Аннотация

В докладе рассмотрены особенности работы многозвенных манипуляторов при перемещении рабочих инструментов вдоль поверхностей крупногабаритных изделий. Показано, что в некоторых случаях в соответствующих степенях подвижности многозвенников возникают нежелательные реверсы приводов, приводящие к нарушению работоспособности создаваемых систем. Предложен способ устранения этих реверсов за счет введения избыточных степеней подвижности манипулятора. Результаты исследований подтвердили возможность эффективного решения указанной проблемы с помощью предложенного способа.

В настоящее время в различных отраслях промышленности для обработки различных крупногабаритных нежестких изделий сложной формы используют многостепенные манипуляторы (ММ) [1]. Основной особенностью обработки таких изделий со сложной пространственной конфигурацией с помощью стандартных промышленных ММ является наличие жестких ограничений на обобщенные координаты многозвенников [2]. Эти ограничения обусловлены как формой самого изделия, так и его линейными размерами. В результате ММ часто не может обеспечить подход рабочих инструментов (РИ) с заданной ориентацией в требуемую область рабочей зоны. То есть рабочая зона ММ с максимальным углом сервиса оказывается недостаточной для качественного выполнения всех технологических операций. В результате в процессе обработки изделий (особенно крупногабаритных) в приводах некоторых степеней подвижности ММ могут возникать неожиданные и крайне нежелательные реверсы, обусловленные конструктивными ограничениями в его степенях подвижно-

сти, если траектории перемещения рабочих инструментов (РИ) формируются в процессе их движения. Это имеет место при работе в слабо структурированной рабочей среде, когда точная фиксация изделия в пространстве затруднена (или очень дорогостояща), да еще возможны неконтролируемые деформации этих изделий в процессе закрепления. Именно в этих случаях не удастся заранее сформировать конкретные траектории движения и проверить их отработку РИ ММ в процессе тестирования, а приходится формировать указанные траектории сразу в процессе выполнения технологических операций, минуя этап контрольных тестирований.

В силу инерционности исполнительных элементов ММ и их систем управления указанные реверсы не могут происходить мгновенно. Поэтому, если в некоторых степенях подвижности ММ возникает режим непредсказуемого реверса, а в остальных продолжаются программные движения, то неминуемо происходит резкое отклонение РИ от уже сформированной траектории, которое заканчивается браком или даже аварийной ситуацией. В результате требуется или полностью останавливать выполнение технологической операции при возникновении реверсов, или дополнительно модифицировать алгоритм формирования программных значений всех обобщенных координат, проводя трудоемкие предварительные исследования работы ММ в процессе выполнения конкретных технологических операций. Это значительно снижает эффект от роботизации, поскольку приводит к резкому возрастанию производственных затрат и снижению производительности работы ММ.

На рис. 1 представлены фрагменты 3D моделирования при движении РИ ММ типа PUMA по круговой траектории T радиусом 0.35 м с центром в точке $(0; 1.1; 0.5)$, а на рис. 2 - законы изменения всех обобщенных координат ММ при движении его РИ по этой окружности. Причем в процессе движения РИ неизменно сохраняет свою ориентацию в пространстве.

Из рис. 2 видно, что обобщенные координаты q_1-q_3 всегда изменяются плавно, а при достижении степенями подвижности q_4-q_6 своих предельных значений четырежды происходит их реверс с последующим продолжением плавного движения.

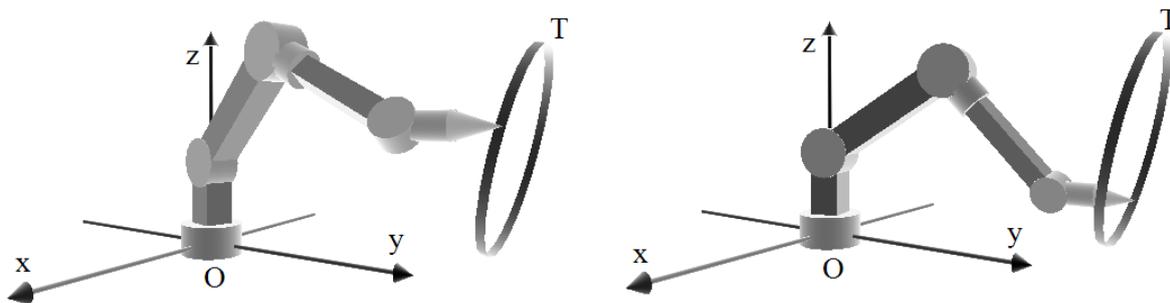


Рис. 1. Фрагменты 3D моделирования при движении РИ ММ по окружности

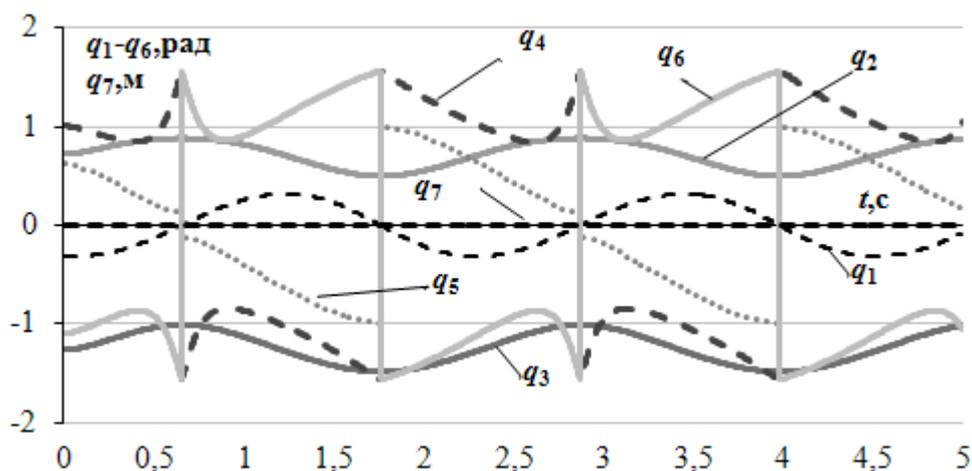


Рис. 2. Изменения обобщенных координат ММ при движении его РИ по окружности

Одним из возможных и наиболее простых способов устранения описанного выше недостатка в работе ММ, является задание ему дополнительного движения в горизонтальной плоскости, полностью исключая в процессе работы возможные реверсы в его степенях подвижности. Для этого основание ММ следует поместить на подвижную платформу, которая в процессе выполнения технологической операции позволит перемещать его произвольным образом. Но это приведет к созданию одной или двух дополнительных (избыточных) степеней подвижности ММ и к необходимости нового решения обратной задачи кинематики в условиях избыточности указанных степеней.

Следует отметить, что помимо устранения нежелательных (неожиданных) реверсов приводов установка ММ на подвижное основание может значительно увеличить его рабочую зону, что особенно важно при обработке крупногабаритных деталей сложной пространственной формы, размеры которых выходят за границы рабочих зон стационарных ММ.

Если манипулятор типа PUMA имеет одну дополнительную степень подвижности (q_7), позволяющую перемещать его основание вдоль оси Ox

на некоторое расстояние, то при реализации в пространстве той же круговой траектории перемещения РИ ММ (см. рис. 1), удается полностью избежать реверсов приводов во всех его степенях подвижности. Это следует из рис. 3, где представлены фрагменты 3D моделирования кругового движения РИ ММ при смещении его основания вдоль оси Ox , и из рис. 4, где показаны законы плавного (без скачков) изменения всех его семи обобщенных координат в установленных пределах.

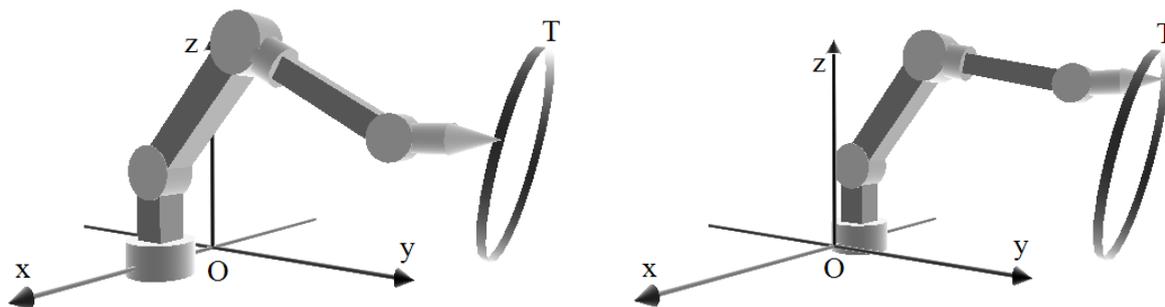


Рис. 3. Фрагменты 3D моделирования при движении РИ ММ по окружности при смещении его основания робота вдоль оси Ox

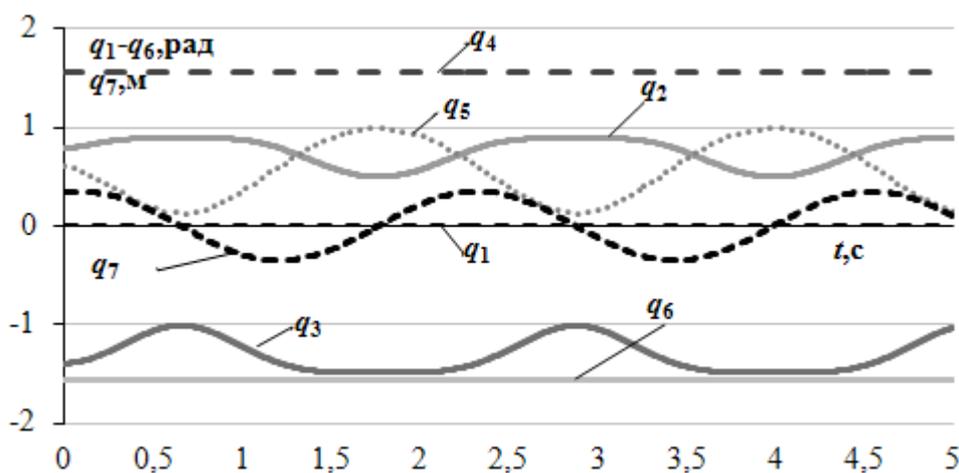


Рис. 4. Изменения обобщенных координат ММ, установленного на подвижное основание, при движении его РИ по окружности против часовой стрелки

Таким образом, за счет использования дополнительной (избыточной) степени подвижности ММ в процессе движения РИ вдоль желаемой траектории были исключены неблагоприятные скачкообразные изменения программных сигналов некоторых его приводов. Это позволило исключить непредвиденный сход его РИ с заданной траектории и повысить производительность работы всего робототехнического комплекса, полностью исключая время на необходимый реверс приводов.

Работа поддержана грантами РФФИ (16-07-00300, 16-38-00187, 16-37-60025) и грантами Президента РФ (МК-8536.2016.8 и СП-620.2016.5).

Литература

1. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами: Учебник для вузов. – 2-е изд., исправ. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. С. 93-113.

2. Angeles J. Fundamentals of Robotic Mechanical Systems: Theory, Methods, and Algorithms, 3rd Edition. Springer Verlag, New York, 2006 p.

A. Golov, V. Bezotvetnyh, Yu. Morgunov (А.А. Голов, В.В. Безответных, Ю.Н. Моргунов)

Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok

**EXPERIMENTAL TESTING OF AUTONOMOUS APPLIANCE
FOR DIRECTION FINDING OF UNDERWATER SOURCE
OF ACOUSTIC VIBRATIONS (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ТЕСТИРОВАНИЕ АВТОНОМНОГО АППАРАТНОГО
КОМПЛЕКСА ПЕЛЕНГАЦИИ ПОДВОДНОГО ИСТОЧНИКА
АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ)**

Аннотация

В докладе приводятся результаты тестовых экспериментов по определению пеленга на источник подводных акустических колебаний. Определение пеленга производилось путём обработки сигналов принятых автономным аппаратным комплексом, включающим в себя комбинированный приёмник (векторный приёмник, совмещённый с ненаправленным гидрофоном) и датчик положения системы. Удалось установить, что в 85% измерений ошибка определения пеленга не превышает единиц градусов.

Развитие и совершенствования методов акустического позиционирования подводных объектов является актуальным направлением в современной гидроакустике. Применение в навигационных схемах комбинирован-

ных приёмников является достаточно современным и перспективным решением задачи пассивной пеленгации подводных акустических источников.

Основываясь на опыте российских и зарубежных специалистов, в отделе технических средств исследования океана, Тихоокеанского океанологического института имени В.И. Ильичёва, был создан аппаратный комплекс на базе комбинированного приёмника (КП) для определения пеленга на подводный источник низкочастотных колебаний.

Идея, лежащая в основе метода пеленгации при помощи комбинированного приёмника, основывается на свойствах направленности трёх ортогональных компонент приёмника, регистрирующих колебательную скорость акустической волны. По разности фаз X и Y компонент с фазовым центром (приёмником акустического давления – гидрофоном) можно определить, в какой четверти координатной оси находится объект локализации, а по арктангенсу отношения уровня сигнала на X и Y компоненте можно определить угол направления на объект.

Разработанный комплекс представляет собой стационарную приёмную систему, в состав которой входит: комбинированный приёмник, автономная система регистрации принятых сигналов и датчик положения. Помимо пеленгации комплекс может использоваться для проведения исследований структуры звуковых полей в условиях мелкого моря посредством фиксирования значений звукового давления и трех ортогональных компонент градиента звукового давления, а также данных о положении системы в пространстве.

Система регистрации представляет собой автономный цифровой блок с записью на SD карту принятых акустических сигналов и информации о положении комплекса в пространстве (глубина, крен, дифферент, направление оси X КП). Записанная информация после извлечения карты преобразуется в стандартные звуковой и текстовый форматы данных.

Комплекс можно рассматривать как макет для имитации приёмного устройства малоразмерного подводного аппарата, на котором возможна отработка технологии наблюдения за источниками подводных шумов и сигналов низкочастотного диапазона. Комплекс может быть оперативно развёрнут в заданных точках района работ, причём массогабаритные характеристики и состав комплекса допускают его использование, как в заякоренном варианте, так и в дрейфе или движении на носителе, а постановка и выборка может осуществляться с помощью маломерных плавсредств.

Электронная часть комплекса расположена в гермоконтейнерах и включает в себя: четырехканальный тракт усиления сигналов комбинированного приёмника с аналоговыми фильтрами низких и высоких частот, 16-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), микроконтроллер STM32F103, модули определения заглубления и определения углового положения, накопитель данных на основе SD карты и два блока питания (БП), поддерживающих автономную работу устройства в течение 3 суток. БП №1 обеспечивает питанием цифровую часть устройства, БП №2 аналоговую. Такое разделение необходимо для уменьшения наводимых помех цифровой части. Также для уменьшения помех, блок усилителей с источником питания вынесен в отдельный гермоконтейнер (на схеме не указан).

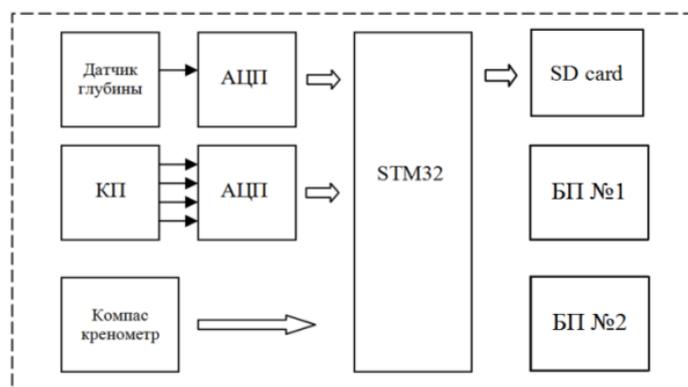


Рис.1. Структурная схема электронной части системы: АЦП – аналого-цифровой преобразователь 16 разрядов; акустические каналы – ADS8332; канал глубины – ADS1110; КП – комбинированный приемник; БП – блок питания; STM32 – микроконтроллер STM32F103RC; компас, кренометр – LSM303; датчик глубины D2.5-T.

Для оценки точности определения пеленга на источник акустического сигнала разработанным комплексом в натуральных условиях залива Посьета и бухты Витязь 13-14 июня 2015 г. Была проведена серия экспериментов на МЭС «м. Шульца» ТОИ ДВО РАН.

Постановка комплекса выполнялась с яхты в заранее определённой точке, координаты которой фиксировались GPS. Для придания вертикального положения оси Z КП, находящегося в клети-ограждении, клеть закреплялась на жёсткой штанге длиной 2 м, которая, в свою очередь, закреплялась на фале с дальнейшей постановкой на груз и притопленную плавучесть. Перед постановкой конструкция была сбалансирована у пирса.

В качестве источника акустического сигнала применялся буксируемый яхтой низкочастотный электродинамический излучатель. Во время работ применялись два режима излучения: импульсный и непрерывный.

Импульсный режим: 4-х секундный тональный сигнал на несущей частоте 134 Гц с последующей 4-секундной паузой. Непрерывный режим: тональный сигнал на несущей частоте 134 Гц.

Измерения производились в два этапа. На первом этапе излучатель буксировался на акватории б. Витязь по сложной траектории (рис.2а). На втором этапе измерения производились на линейной траектории с удалением до 10 км (рис.2б).

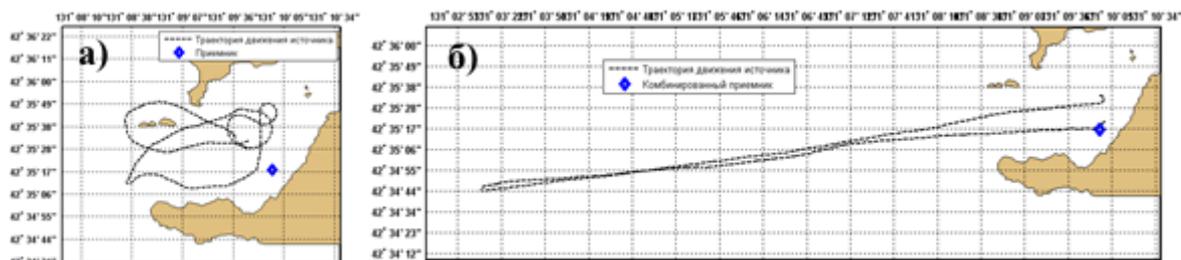


Рис. 2. Карты экспериментов

Для определения пеленга на источник акустических колебаний рассчитывались уровни сигнала на частоте 134 Гц в каналах X и Y КП. Значение угла азимута относительно оси X КП (рис.3, синяя кривая) определялось как арктангенс отношения уровней Y компоненты к X. Для определения итогового пеленга учитывались направление оси X КП относительно севера, а также разность фаз сигналов, принятых опорным гидрофоном, X и Y компонентами (что устраняет неоднозначность в вычислении пеленга). Результаты расчётов сравнивались с текущими координатами источника, полученными с помощью GPS (рис. 3)

Результаты пост-обработки показали, что для каждого этапа 85% результатов измерений отклоняются от значений пеленга по GPS не более чем на 10 градусов. Вид гистограммы ошибок описывается близким к нормальному распределению, с центром, смещённым на +1.7 градуса относительно нуля, что может быть связано с погрешностью аппаратуры. Увеличение разброса значений в промежутке 6500 - 7000 секунд связано с низким уровнем сигнала, и его отсутствием в момент переключения режима излучения.

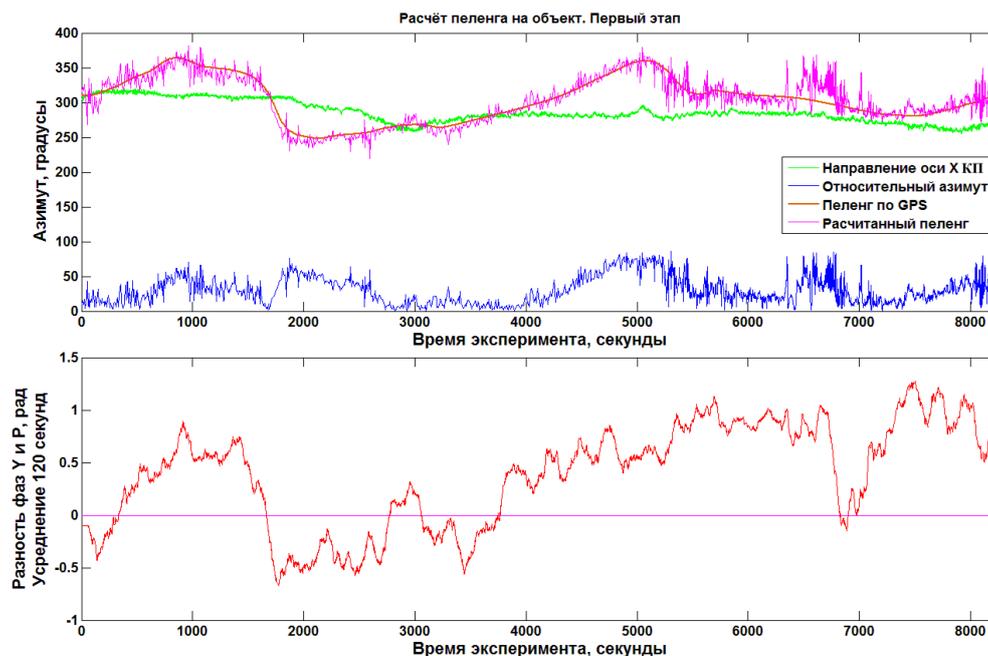


Рис. 3. Результаты расчётов по данным первого этапа измерений. Верхний график – сравнительный анализ значений рассчитанного пеленга на источник сигнала, и определённого по данным GPS; нижний график - изменение во времени разности фаз сигнала (Y-компонента – опорный гидрофон)

Литература

1. Буренин А.В., Моргунов Ю.Н., Стробыкин Д.С. Экспериментальное исследование возможности применения векторных приёмников в задачах томографии океана// *Акустический журнал*. – 2007. – Т.53. – № 6. – С. 786–790.
2. Гордиенко В.А., Ильичев В.И., Захаров Л.Н. Векторно-фазовые методы в акустике. – М.:Наука, 1989 г. – 223 с.
3. Акуличев В.А., Буренин А.В., Войтенко Е.А., Каменев С.И., Моргунов Ю.Н., Половинка Ю.А., Стробыкин Д.С. Векторно-фазовые методы в акустической томографии океана// *Доклады Академии наук*. 2006. Том 406, № 1. С. 104–107.
4. Щуров В.А. Векторная акустика океана. Владивосток: Дальнаука, 2003. 307 с.
5. Hawkes M. and Nehorai A. “Wideband source localization using a distributed acoustic vector-sensor array,” *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 27, no. 3, pp. 628–637, July 2002.
6. Santos P., Felisberto P., and Hursky P., “Source localization with vector sensor array during the makai experiment,” in *Proc. of 3rd Inter. Conf.*

and Exhib. on Underwater Acoustic Measurements: Technologies and Results, Heraklion, Greece, 2007.

*A. Gorelikov 1, A. Tagiltsev 2, V. Korochentsev 1, Yu. Morgunov 1
(А.И. Гореликов, А.А. Тагильцев, В.И. Короченцев, Ю.Н. Моргунов)*

¹FEFU

²Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok

**APPLYING BERNOULLI'S LAW FOR THE AUTOMATIC
OPERATION OF A HIGH-SPEED FLEXIBLE VALVE
(ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА БЕРНУЛЛИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО
СРАБАТЫВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЭЛАСТИЧНОГО
КЛАПАНА)**

Аннотация

Описан принцип построения излучателя низкочастотных колебаний для излучения волн в воду и воздух. Излучатель представляет собой пневмокамерный генератор импульсных акустических волн. Основным элементом генератора является эластичный клапан для импульсного впрыскивания сжатого воздуха из накопительной камеры в окружающую среду. По сравнению с известными российскими и зарубежными аналогами обладает более высоким коэффициентом полезного действия преобразования затраченной энергии в давление упругих волн и высокой скоростью срабатывания. Приведены теоретические формулы для расчета высокоскоростного клапана, а также результаты экспериментов в море.

Известны десятки конструкций пневмокамерных генераторов импульсных низкочастотных акустических волн с разными типами клапанов. Такие генераторы могут быть использованы: в промышленных технологических процессах; в гидроакустических и геофизических исследованиях, в физиотерапии.

Представленный пневмокамерный генератор импульсных акустических волн с эластичным клапаном в сравнении со всеми известными отечественными и зарубежными аналогами, обладает лучшими эксплуатационными характеристиками. А именно: по КПД преобразования затрачен-

ной энергии в звуковое давление; совокупной массе и габаритам всего устройства, включая источник энергии; простоте обслуживания.

Первоначально данный генератор разрабатывался в экологических целях - для отпугивания водных животных от мест, опасных для их жизни, например, от аварийно разлитой нефти. Поэтому все последовательно разрабатываемые генераторы обозначались в патентах на изобретения и полезные модели как «Подводный генератор отпугивающих звуков»

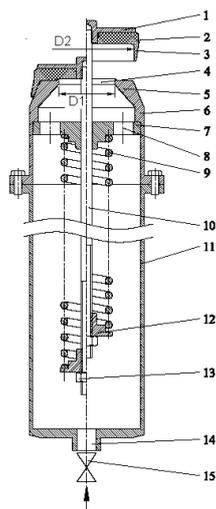


Рис.1. Схема пневмокамерного генератора

На рис. 1 представлено построение пневмокамерного генератора, где: 1 – тарелка клапана; 2 - диск эластичной манжеты; 3 - цилиндр манжеты; 4 –выхлопной канал; 5 – усеченный конус корпуса; 6 – опорный выступ; 7 – неподвижная опора пружины; 8 – сквозные отверстия; 9 – пружина сжатия; 10 – подвижный шток; 11 – корпус накопительной камеры; 12 – подвижная опора пружины; 13 – регулировочная гайка; 14 – патрубок для коммутации воздуховода; 15 – газовый вентиль. Тарелка герметично соединена с манжетой, диск с цилиндром представляют единую манжету в форме стакана, при сборке генератора цилиндр упруго наползает на усеченный конус корпуса.

Задается величина давления воздуха в накопительной камере W в $\text{кг}/\text{см}^2$, при достижении которой клапан должен срабатывать на выхлоп. D_1 – площадь выхлопного канала, D_2 – площадь диска манжеты, прилегающая к торцу усеченного конуса корпуса, L – длина хода гайки сжимающей пружину. Гайкой пружина сжимается на длину L , при которой $F = W \times D_1$. Длина хода L зависит от жесткости пружины Z в $\text{кг}/\text{мм}$, и

определяется по формуле $L = F / Z$. Радиальная жесткость цилиндра Z_1 меньше жесткости пружины Z .

В период, когда давления сжатого воздуха в накопительной камере возрастает, герметизация выхлопного канала снижается. В момент, близкий к образованию равновесия $F = W \times D_1$ сжатый воздух начинает просачиваться под диск. Образованию «свища» воздуха наружу препятствует стенка цилиндра в зоне стыка с диском. Возникает относительно медленно возрастающая сила на выталкивание манжеты от выхлопного канала. При этом, давление воздуха в накопительной камере поднимается до значения $F = W \times D_1$. Происходит полная разгерметизация выхлопного канала, и сжатый воздух прорывается под всю поверхность D_2 . От скачка давления манжета выталкивается от торца усеченного конуса. Таким образом, решается технический гистерезис переходного цикла от просачивания воздуха до прорыва воздуха под всю поверхность D_2 .

Тарелка с манжетой смещается от выхлопного канала на 1,5 – 2,5 мм. Дальнейшее выталкивание манжеты прекращается, т.к. давление сжатого воздуха в зазоре между манжетой и поверхностью торца конуса переориентируется на радиальное вздутие цилиндра манжеты, имеющего меньшую жесткость, чем жесткость пружины. Радиальное вздутие эластичного цилиндра начинается от зоны диска манжеты до зоны его торца. В итоге цилиндр распаивается, и порция сжатого воздуха из вздутой полости под цилиндром выбрасывается во внешнюю среду. Объем порции сжатого воздуха в момент выброса примерно 200 см^3 . Вслед за выбросом этой порции в образовавшейся щели между манжетой и поверхностью усеченного конуса поток воздуха устремляется в окружающую среду. Расчетная скорость потока воздуха в радиальной щели между диском манжеты и торцом конуса достигает 200 – 300 метров в секунду. При такой скорости потока, в соответствии с законом Бернулли, на противоположные стенки радиальной щели действует весьма существенная сила их слипания. Эта сила способствует высокоскоростному срабатыванию клапана на герметизацию выхлопного канала.

Примерное описание циклов срабатывания клапана поясняет то, что цикл впрыскивания сжатого воздуха из накопительной камеры в окружающую среду начинается не в момент разгерметизации выхлопного канала, а в момент распаивания цилиндра манжеты, что обеспечивает коротковременное срабатывание клапана на «выхлоп».

Кажущая простота конструкции генератора в кинематике работы клапана требует многих согласований его элементов.

Обобщённое уравнение Бернулли для движения идеального сжимаемого газа можно записать в виде:

$$\frac{v^2}{2} + U + \int \frac{dp}{\rho} = const \quad (1)$$

Здесь v - скорость движения газа относительно неподвижной конструкции вдоль каждой вихревой линии тока. Плотность среды ρ зависит только от давления p . U - потенциал объемных сил.

Для адиабатических процессов:

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{p}{p_0} \right)^\alpha$$

Здесь ρ_0 , p_0 - соответственно плотность и давление в неподвижном газе, α - показатель адиабаты, равный отношению удельных теплоёмкостей, при постоянном давлении и объеме.

Для воздуха $\alpha \approx 1,4$.

При слабо изменяющемся гравитационном поле и $U \approx const$, выражение (1) принимает вид уравнения Сен-Венана и Вентцеля:

$$\frac{v^2}{2} + \frac{\alpha}{\alpha - 1} \frac{p}{\rho} = const$$

Для адиабатических процессов скорость упругих волн:

$$c = \sqrt{\alpha \frac{p}{\rho}}$$

В этом случае последнее уравнение удобно представить в форме:

$$\frac{v^2}{2} + \frac{c^2}{\alpha - 1} = const \quad (2)$$

При неустойчивом обтекании газом твердого тела, возникает упругая волна в широком диапазоне частот f . В зависимости от скорости газа v , характерного размера тела ℓ , основная частота вихревого звука совпадает с частотой срыва вихрей и может быть вычислена по формуле:

$$f = A(R_e) \frac{v}{\ell},$$

где A , численный коэффициент, зависящий от числа Рейнольдса, μ - коэффициент динамической вязкости газа. При $R_e > R_{e\text{кр}}$ ($R_{e\text{кр}}$ - критическое число Рейнольдса) в потоке воздуха генерируются вихри с частотой f . При характерном диапазоне чисел R_e от 10^3 до 10^4 величина $A(R_e) \approx 0,2$.

Интенсивность упругих волн от вихрей I пропорциональна v . Если в области вихрей находятся акустические резонансные системы язычкового типа, то можно добиться звуковых автоколебаний, которые мы получаем в описываемом генераторе.

Участок конечности цилиндра представляет собой систему язычкового типа. Толщина стенки этого участка цилиндра определяет жесткость язычка и, соответственно, частоту автоколебаний. Таким образом, формой участка конечности цилиндра, можно обеспечить генерацию дополнительного цуга волн в диапазоне, примерно, до 1500 Гц.

К 2012 году было изготовлено десять генераторов с разными объемами накопительных камер - от 150 см³ до 1200 см³. Исследование акустических характеристик генераторов № 3 и 5 в 2013 г. и 2014 г. проводились на базе морской экспериментальной станции ТОИ ДВО РАН в бухте Витязь с крейсерской яхты «Светлана» и моторного катера. В Таблице 1 представлены результаты измерений акустических характеристик генераторов.

На акустической трассе в процессе удаления яхты «Светлана», оснащенной комплексом акустических приемных средств и регистрирующей аппаратурой, на дистанции от 5 до 20 км от излучателя «Керамика», выполнены измерения относительных уровней звукового давления, создаваемого генератором № 3. В Таблице 2 приведены расчетные значения отношения сигнал/шум в точках наблюдения (SNR) на соответствующих положениях гидрофона глубинах в зависимости от дистанции до источника.

Таблица 1

Результаты измерений

Генератор	№5, глубина 5м	№3, глубина 5м	№3, глуби- на 9м
Амплитуда, пик. знач., Па	6800	6800	7000
Ширина спектра импульса (основная составляющая на уровне -3дБ), %	20	20	20
Основная частота спектра импульса, Гц	54 - 56	54 - 56	54 - 56
Нестабильность амплитуды импульса, %	10	10	10
Длительность импульса, мс (спад ампл. от максимума -20дБ)	180	180	170
Длительность импульса, мс (передний фронт до макс. знач. амплитуды)	20	25	25

Таблица 2

Результаты измерений на дистанции от 5 до 20 км.

Удаление, км	10 метров		20 метров	
	SNR, дБ	СКО, дБ	SNR, дБ	СКО, дБ
5	24	1.2	30	1.1
10	27	1.6	34	0.9
15	24	2.2	27	2.9
20	19	5.2	25	2.0

Созданные генераторы уже три года используют в подразделениях ДВФУ и ТОИ ДВО РАН для гидроакустических и других исследований. Генераторы успешно работают от любых источников сжатого воздуха, включая качественные автомобильные компрессора для накачки покрышек. При этом, временные интервалы между генерируемыми импульсами акустических волн зависят от объёмной скорости закачки сжатого воздуха в накопительные камеры. Сбоев в работе генераторов не наблюдалось, поэтому не определена продолжительность гарантированной эксплуатации.

Патенты РФ на изобретения и полезные модели, многие элементы которых использованы в построении представленного генератора:

1. Патент на изобретение № 2528454, «Подводный генератор отпугивающих звуков». Опубликовано 20.09.2014.
2. Патент на полезную модель № 132317, «Подводный генератор отпугивающих звуков». Опубликовано 20.05.2013.
3. Патент на полезную модель № 118515, «Подводный генератор отпугивающих звуков». Опубликовано 27.07.2012. Бюл. № 21.
4. Патент на изобретение № 287538, «Подводный генератор отпугивающих звуков». Опубликовано 20.07.2013. Бюл. № 20.
5. Патент на изобретение № 2447652, «Экологический генератор отпугивающих звуков». Опубликовано 20.04.2012. Бюл. № 11.
6. Патент на изобретение № 2446683, «Подводный генератор отпугивающих звуков». Опубликовано 10.04.2012. Бюл. № 10.
7. Патент на изобретение № 2409946, «Подводный генератор отпугивающих звуков». Опубликовано 27.01.2011. Бюл. № 3.

*S. Gorovoy, A. Kiryanov, E. Zheldak (С.В. Горовой,
А.В. Кирьянов, Е.М. Желдак)*

FEFU, Vladivostok

**SOME RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF TEMPORAL
VARIABILITY OF ANISOTROPY OF SHALLOW SEA NOISE
IN THE VERTICAL PLANE (НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕ-
РИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИ-
ВОСТИ АНИЗОТРОПИИ ШУМОВ МЕЛКОГО МОРЯ
В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ)**

Шумы моря оказывают заметное влияние на поведение рыб и морских животных. Поэтому рядом национальных и международных стандартов европейских государств в число показателей экологического состояния прибрежных морских территорий включены характеристики шумов моря [1-3]. Морские обитатели с высокоразвитой слуховой системой демонстрируют способность «решать», в том числе в условиях мелкого моря ряд сложных задач обработки гидроакустических сигналов, в том числе отличать шумы моря от шумов проходящих вдали судов и обнаруживать в пассивном режиме появление «чужака» на «своей» территории.

Для оценки влияния подводных шумов техногенного происхождения на способность морских обитателей «решать» подобные задачи необходимо знание временной изменчивости анизотропии гидроакустических шумов мелкого моря на интервалах времени, не превышающих нескольких секунд.

В работе описаны результаты экспериментального исследования временной изменчивости на интервалах от 1 до 10 сек анизотропии подводных шумов мелкого моря в вертикальной плоскости в диапазоне частот 30—4000 Гц, зарегистрированных в районе к востоку от океанариума г. Владивосток, расположенного на о. Русском. Глубина места в районе проведения исследований составляет 20–30 м, грунт – песок и камни, расстояние до берега 1 миля. Вблизи данного района проходит до 20 судов среднего и большого водоизмещения в сутки.

Исследования проводились в сухую безветренную погоду с помощью мобильной системы мониторинга, состоящей из прикрепленной к дрейфующему бую вертикальной приемной антенной решетки, содержащей 8 ненаправленных гидрофонов и соединенной с ней многожильным

кабелем регистрирующей аппаратуры, размещенной на легком катере, дрейфующем вместе с буем. Для управления характеристиками антенной решетки и регистрации принятых сигналов использовалось оборудование компании National Instruments, управление которым осуществляется в среде LabView. Для дискретизации сигналов использовано устройство ввода сигналов USB-6361 National Instrument. Приведены результаты исследований для случаев, когда расстояния от приемной системы до движущихся или стоящих на якоре судов составляло более 2 миль. Для сравнения приведены результаты изменения анизотропии подводных шумов в вертикальной плоскости со временем, когда на расстоянии порядка 0,2 мили от приемной системы проходит судно.

Литература

1. McCarthy E. International Regulation of Underwater Sound. New York: Kluwer Academic Publisher, 2004.
2. Robinson S.P. Lepper P. A. Hazelwood R.A. Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement. NPL Good Practice Guide No. 133 / National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, ISSN: 1368-6550, 2014.
3. Carey W.M. Evans R.B. Ocean Ambient Noise. Measurement and Theory. New York: Springer, 2011

A. Inzartsev 1,2, A. Bagnitsky 1 (A.B. Инзарцев 1,2, A.B. Багницкий.1)

¹Institute of Automation and Control Processes FEB RAS

²FEFU, Vladivostok)

**PLANNING AND CORRECTION OF TRAJECTORIES
OF AN AUTONOMOUS UNDERWATER ROBOT AT WORKS
IN THE WATERS AND RELIEFS OF DIFFERENT TYPES
(ПЛАНИРОВАНИЕ И КОРРЕКЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ
АВТОНОМНОГО ПОДВОДНОГО РОБОТА ПРИ РАБОТЕ
В АКВАТОРИЯХ И РЕЛЬЕФАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ)**

Аннотация

Малогобаритные автономные подводные роботы (АПР) часто используются для выполнения мониторинга водной среды и донной поверх-

ности в акваториях различных типов. При выполнении таких работ необходимо решать взаимосвязанные задачи по предварительному (желательно, оптимальному) планированию траектории движения АПР, а также действиях робота при встрече с неучтенными препятствиями (естественного или искусственного происхождения). В последнем случае речь идёт об организации обхода препятствия или перепланировании заданной траектории движения робота. В докладе рассматриваются как алгоритмы планирования траектории, так и обхода препятствий, основанные на различных подходах. Обсуждаются результаты использования алгоритмов в реальных условиях.

Ключевые слова: автономный подводный робот; мониторинг акваторий; оптимальное покрытие; формирование траектории движения; обход препятствий; планирование миссии; информационно-управляющая система; агенты тактического уровня.

Существует задачи, связанные с использованием автономных подводных роботов (АПР) в ограниченных (как правило, мелководных) акваториях. К задачам такого рода можно отнести, например, экологический мониторинг и обзорно-поисковые работы в прибрежной полосе моря. При выполнении подобных работ АПР перемещается на небольшом отстоянии от грунта, а траектория движения аппарата представляет собой заранее спланированную композицию из одного или нескольких поисковых меандров [1]. К особенностям работы АПР в этих условиях можно отнести возможные ограничения на маневр в вертикальной плоскости, а также наличие неучтенных препятствий как естественного происхождения (береговая линия, отмели и т.п.), так и искусственного происхождения (затонувшие объекты).

Для обнаружения препятствий и определения дистанций до дна в переднем секторе обзора аппарата в большинстве случаев используется эхолокационная система (ЭЛС) с различным количеством дальномеров. На практике маневры АПР по огибанию препятствий часто ограничивают только вертикальной плоскостью. Такие маневры в подавляющем большинстве случаев эффективнее по времени и с максимальной вероятностью ведут к успеху. Как следствие, на АПР размещают ограниченное количество дальномеров (2–3), расположенных в вертикальной плоскости. Эта тенденция особенно заметна для малогабаритных («ручных») аппаратов.

В то же время способность к горизонтальному маневру для АПР, оснащенного даже минимальным количеством дальномеров, может повысить вероятность выполнения миссии.

В докладе рассматриваются алгоритмы формирования и коррекции траектории движения АПР, выполняющего мониторинг в акваториях различных типов. В контексте данной работы типы акваторий характеризуются как глубиной места (мелководные, глубоководные), формой (одно-связные простые и сложные, многосвязные), рельефом (естественный или с искусственными объектами), так и степенью детализации априорной информации об акватории (наличие карты). Совокупность алгоритмов позволяет решать следующие задачи:

- создание оптимальной траектории покрытия, обеспечивающей гарантированный обзор каждого участка дна бортовыми поисковыми средствами;
- коррекцию или перепланирование траектории во время её реализации при обнаружении препятствий различных типов.

Под оптимальным покрытием понимается траектория с минимальным количеством прямолинейных отрезков движения (галсов) и поворотов АПР при соблюдении требования о заданном расстоянии между галсами. Такая траектория уменьшает энергозатраты АПР и время, необходимое для покрытия. Также улучшаются условия работы бортовых акустических поисковых средств.

В общем случае выполнение мониторинга предполагает следующую последовательность операций:

- 1) предварительное планирование оптимальной сети галсов;
- 2) выполнение запланированной траектории;
- 3) оценка обстановки в случае невозможности продолжения движения по траектории (обнаружение незапланированного препятствия);
- 4) организация обхода препятствия (коррекция траектории) или перепланирование траектории при невозможности обхода (с последующим возвратом к п. 2).

Первая из этих операций выполняется на посту оператора АПР в режиме off-line, остальные три – на борту робота в реальном времени.

Алгоритмы спроектированы для работы в составе программной среды АПР, разрабатываемых и эксплуатируемых в ИПМТ ДВО РАН. Система выполнения и коррекции траектории функционирует как коллектив

агентов тактического уровня [2] в информационно-управляющей системе (ИУС) робота. Агенты способны приостанавливать выполнение основной миссии и выполнять обход препятствия при необходимости.

В ИУС АПР для решения задачи планирования и перепланирования траекторий используется модификация алгоритма Хуанга (Huang) [3]. В основе алгоритма лежит теорема о том, что оптимальное покрытие многоугольника состоит из отрезков, которые параллельны его рёбрам. На первом этапе работы алгоритма формируется несколько сетей галсов путём вращения системы координат, связанной с районом. В целях увеличения быстродействия этот этап выполняется с шагом, величина которого определяется вычислительными мощностями АПР. На втором этапе выполняется поиск галса, удовлетворяющего условиям локального оптимума, после чего он попадает в решение задачи. Данный этап выполняется циклически до тех пор, пока задача формирования окончательной сети галсов не будет решена. На третьем этапе формируется траектория движения путём решения задачи коммивояжёра для нахождения кратчайшего пути, соединяющего сеть галсов (рис. 1).

Задача движения среди препятствий в придонном слое может решаться с использованием как реактивного (поведенческого), так и целевого подходов. Указанные подходы выдвигают разные требования к организации ЭЛС робота, а также к возможностям движительно-рулевого комплекса (ДРК) по осуществлению различных режимов движения. Реактивный подход основан на коррекции траектории движения АПР с использованием текущих данных от ЭЛС, что влечет повышенные требования к количеству лучей эхолокационной системы. Для целевого подхода задача оценки обстановки во время реализации траектории связана с построением модели возможных препятствий по данным эхолокационной системы робота. Для этих целей применяется универсальный алгоритм, способный использовать информацию от одного или нескольких эхолокаторов с фиксированными диаграммами направленности. Задача обхода препятствий решается с привлечением триангуляционных методов и метода потенциалов. Для маневрирования вблизи препятствий используется горизонтальное и вертикальное эхолокационное сканирование с построением трёхмерной карты и методы рекурсивного вызова алгоритма (рис. 2). Такое поведение робота предполагает от ДРК возможность реализации режима движения с малой скоростью (зависания).

В докладе обсуждаются результаты, как натуральных испытаний, так и результаты тестирования разработанных агентов в программной среде ИУС АПР, интегрированной с моделирующим комплексом [4].

Работа выполнена при поддержке грантов РФФ № 14-50-00034 (в части разработки алгоритмов покрытия акваторий) и РФФИ № 16-07-00350 (алгоритмы коррекции траектории вблизи объектов и организация модельных экспериментов).

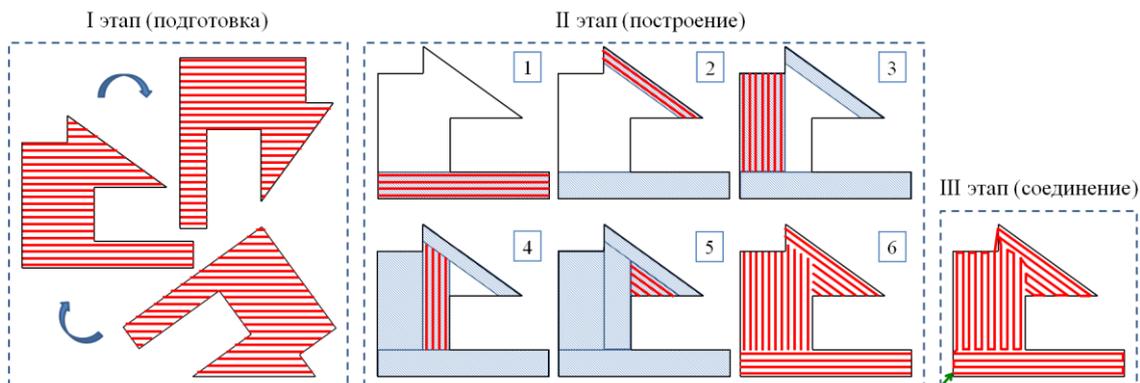


Рис. 1. Этапы работы алгоритма покрытия произвольной области

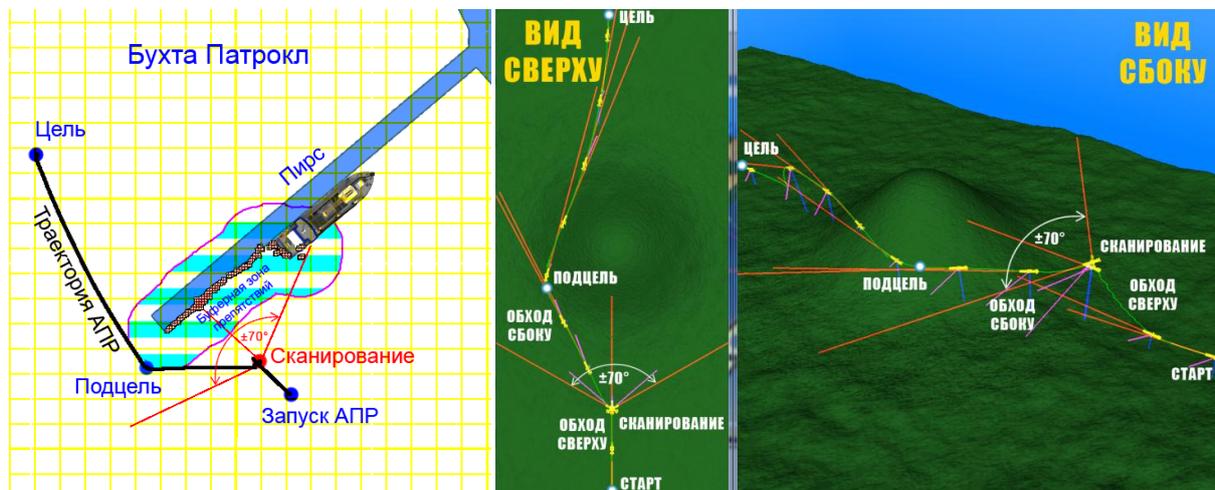


Рис. 2. Траектория АПР при обходе реального препятствия (по данным бортового накопителя информации и Google Map) (слева). Модельный пример обхода препятствия (справа)

Литература

1. Багницкий А.В., Инзарцев А.В. Автоматизация подготовки миссии для автономного необитаемого подводного аппарата в задачах обследования акваторий // Подводные исследования и робототехника, № 2(10), 2010, С. 17-24

2. Инзарцев А.В., Павин А.М., Багницкий А.В. Планирование и осуществление действий обследовательского подводного робота на базе поведенческих методов // Подводные исследования и робототехника, № 1(15), 2013, С. 4-16

3. Huang W.H. Optimal line-sweep-based decompositions for coverage algorithms // Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 6 pp., 2001.

4. Pavin A., Inzartsev A., Eliseenko G., Lebedko O., Panin M. A Reconfigurable Web-based Simulation Environment for AUV // Proceedings of the OCEANS'15 MTS/IEEE Washington DC, October 19-22, 2015

*B. Istomin 1, S. Ivanov 2, A. Gerasimenko 2, V. Roganov 1, V. Istomin 1,
T. Istomina 1, N. Kosenok 1 (Б.А. Истомин 1, С.А. Иванов 2,
А.В. Герасименко 2, В.Р. Роганов 1, В.В. Истомин 1, Т.В. Истомина 1)*

¹Penza State Technological University, Penza

²FEFU, Vladivostok

**DESCRIPTION OF BIOLOGICAL FEEDBACK USING ELEMENTS
OF AUTOMATIC CONTROL THEORY (ОПИСАНИЕ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ)**

Аннотация

Рассмотрены проблемы, связанные с отсутствием теоретического описания процесса функционирования биологической обратной связи. Обосновано применение концепции многоканальной системы с удаленным доступом для исследования и коррекции постуральных расстройств для разработки модели биологической обратной связи. Предложена модель биологической обратной связи для больных с постуральными расстройствами с использованием элементов теории автоматического управления. Разработано программное обеспечение для экспериментальных исследований предложенной модели.

Статья посвящена актуальной теме разработки современных технических средств с удаленным доступом для исследования и коррекции постуральных расстройств.

В статье рассмотрены вопросы теоретического описания процесса функционирования биологической обратной связи (БОС) с использованием элементов теории автоматического управления. Приведен обзор существующих методов биологической обратной связи, обозначены прикладные области медицины, для которых они используются на практике.

Обосновано применение концепции многоканальной системы с удаленным доступом для исследования и коррекции постуральных расстройств для разработки модели биологической обратной связи. Обозначены варианты использования положительного опыта, накапливаемого в ходе БОС-тренинга, и, как следствие, преимущества, возникающие при наличии адекватной модели функционирования БОС.

Предложена модель биологической обратной связи для больных с постуральными расстройствами с использованием элементов теории автоматического управления. Определены группы параметров, необходимых для аналитического описания процессов функционирования БОС.

В качестве модели объекта управления предлагается использовать апериодическое звено второго порядка. Для его стабилизации используется пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор. Ввиду отсутствия исчерпывающих сведений о системе управления для настройки ПИД-регулятора используются непараметрические методы.

Разработано программное обеспечение для экспериментальных исследований предложенной модели, обеспечивающее возможность дистанционного слежения за ходом процесса диагностики и терапии постурального дефицита на основе использования преимуществ многоканальной биологической обратной связи.

Представлены схемы представления биологической обратной связи, создана и описана симулинк-модель представления биологической обратной связи, содержащая апериодическое звено и ПИД-регулятор, разработана схема основных модулей обеспечения работы системы. В статье приводится внешний вид интерфейса веб-приложения для функциональной диагностики. Сделаны выводы по результатам моделирования и работе разработанной программной среды для оценки функционирования БОС.

Литература

1. Акулов С.А., Федотов А.А. Основы теории биотехнических систем. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 259 с.
2. <http://umm.edu/health/medical/altmed/treatment/biofeedback>
3. Vivian Holten. Bio- and neurofeedback applications in stress regulation. Neuroscience & Cognition, track Behavioural Neuroscience, 2009.
4. Истомин В.В. Алгоритм поведения групп автономных интеллектуальных агентов для биомедицинских систем на основе теории роевого интеллекта. – Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – Астрахань: Изд-во АГУ, 2013. – №3(23). – С. 54-62.
5. Heiko Namann. Space-Time Continuous Models of Swarm Robotic Systems. Cognitive Systems Monographs. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, vol. 9.
6. Гаже, П-М. Постурология. Регуляция и нарушения равновесия тела человека. / Гаже П-М., Вебер Б. Пер. с французского под ред. В.И. Усачёва – СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2008. – 316 с.
7. Гусев Е.И., Коновалов А.Н., Гехт Л.Б. Реабилитация в неврологии // Кремлевская медицина. 2001. № 5. С. 29-32.
8. Истомина Т.В., Филатов И.А., Сафронов А.И., Пучиньян Д.М., Кондрашкин А.В., Истомин В.В., Загребин Д.А., Карпицкая С.А. Многоканальный сетевой анализатор биопотенциалов для дистанционного управления реабилитацией больных с постуральным дефицитом. – Медицинская техника. – М.: Союз общественных объединений Международное научно-техническое общество приборостроителей и метрологов, 2014. – № 3. – С. 9-14.
9. Rui Rodrigues. Development of Biofeedback Mechanisms in a Procedural Environment Using Biometric Sensors. Vasco Pereira Torres, 2013.
10. Lyons, G. M., P. Sharma, M. Baker, S. O'Malley, and A. Shanahan. 2003. A computer game-based EMG biofeedback system for muscle rehabilitation. Paper read at Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 17-21 Sept. 2003, at Piscataway, NJ, USA.
11. Sala Horowitz. Biofeedback Applications. Alternative & complementary therapies, 2006.
12. J Greenhalgh, R Dickson and Y Dundar. The effects of biofeedback for the treatment of essential hypertension: a systematic review. Health Technology Assessment 2009; Vol. 13: No. 46.

13. Nelson L.A. The role of biofeedback in stroke rehabilitation: past and future directions. *Top Stroke Rehabil.* 2007 Jul-Aug;14(4):59-66.
14. Alicia E. Meuret, Frank H. Wilhelm, Walton T. Roth. Respiratory Biofeedback-Assisted Therapy in Panic Disorder. *Behavior modification*, Vol. 25 No. 4, September 2001, p. 584-605.
15. Alvarez J1, Meyer FL, Granoff DL, Lundy A. The effect of EEG biofeedback on reducing postcancer cognitive impairment. *Integr Cancer Ther.* 2013 ov;12(6):475-87.
16. Ziegler, J.G and Nichols, N. B. (1942). "Optimum settings for automatic controllers". *Transactions of the ASME* 64: 759–768.
17. Aström K.J. and Hägglund T. : *PID Controllers: Theory, Design and Tuning*. 2nd Edition. Research Triangle Park, NC: Instrument Society of America.
18. W.K. Ho, T.H. Lee, H.P. Han, Y. Hong. Self-tuning IMC-PID control with interval gain and phase margin assignment. *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 06/2001; DOI:10.1109/87.918905.
19. W.K. Ho, Y. Hong, A. Hansson, H. Hjalmarsson, J.W. Deng. Relay auto-tuning of PID controllers using iterative feedback tuning. *Automatica* 01/2003; DOI:10.1016/S0005-1098(02)00201-7.
20. Intelligent vibrotactile biofeedback system for real-time postural correction on perturbed surfaces. *Intelligent Systems Design and Applications (ISDA)*, 2012 12th International Conference on. p.973-978.

B. Kasatkin 1, N. Zlobina 1, S. Kasatkin 1, L. Statsenko 2, D. Zlobin 2
(*Б.А. Касаткин 1, Н.В. Злобина 1, С.Б. Касаткин 1, Л.Г. Стаценко 2,*
Д.В. Злобин 2)

¹**Institute of Automation and Control Processes FEB RAS**

²**FEFU, Vladivostok**

**FORMATION OF THE DIRECTIVITY OF COMBINED
HYDROACOUSTIC RECEIVER BY THE VERTICAL POWER FLOW
(ФОРМИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕННОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО
ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ПРИЕМНИКА ПО ВЕРТИКАЛЬНОМУ
ПОТОКУ МОЩНОСТИ)**

Аннотация

Для подавления шумов ветрового волнения, генерируемых на взволнованной поверхности моря, в вертикальном канале комбинированного гидроакустического приемника формируется характеристика направленности типа кардиоиды с минимумом в направлении поверхности моря. Функции, определяющие направленность по вертикальному потоку мощности, содержат корреляционные моменты второго порядка по полю (p, ν) . Результаты компьютерного моделирования показывают, что формирование односторонней направленности в вертикальном канале комбинированного приемника может быть реализовано на низких частотах.

Исследованию потенциальных возможностей комбинированных приёмников (КП) и их помехоустойчивости при различных алгоритмах обработки посвящено большое количество публикаций [1–4]. В большой степени помехоустойчивость КП определяется направленными свойствами векторных каналов, каждый из которых обладает дипольной характеристикой направленности. В работе [5] исследовано формирование 8-канальной характеристики направленности КП в горизонтальной плоскости при смешанных алгоритмах обработки сигналов.

Целесообразность формирования направленности по вертикальному потоку мощности впервые была отмечена в работе [2]. Объясняется это тем, что основным источником помех в вертикальном канале являются не шумы дальнего судоходства, как в горизонтальных каналах, а шумы ветрового волнения, генерируемые на взволнованной поверхности моря. Для повышения помехоустойчивости по отношению к такого рода помехам в

работе [2] предлагается методами аддитивной обработки сформировать характеристику направленности типа кардиоиды, минимум которой обращён в сторону шумящей поверхности. В этом случае помехоустойчивость комбинированного приёмника по вертикальному потоку мощности увеличивается от исходного значения 5–6дБ, соответствующего дипольной характеристике направленности, до значения 10–12дБ, соответствующего характеристике направленности типа кардиоиды с отмеченной выше ориентацией.

Можно выделить величины $|p^2|$, $|v_z^2|$, $\text{Im}(pv_z^*)$, имеющие коррелированную зависимость от радиальной координаты, и сформировать из них функции, определяющие направленность по вертикальному потоку мощности

$$Q_{z1}^{\pm} = |p|^2 \pm \gamma G_z, \quad (1)$$

где p – звуковое давление, G_z – мнимая часть вертикальной компоненты вектора интенсивности, $\gamma = v_p / v_v$ – весовой коэффициент, v_p , v_v – чувствительность гидрофонного и векторного каналов.

Ближайшим аналогом приёмника, характеристика направленности которого по потоку мощности описывается алгоритмом (1), является приёмник с кардиоидной характеристикой направленности

$$\Phi(\theta) = (1 + \cos \theta) / 2, \quad (2)$$

где θ – угол места.

Формула (1) содержат положительно определённую величину $|p^2|$ и знакопеременную величину $\text{Im}(pv_z^*)$, которая может ассоциироваться со знакопеременным потоком мощности по реактивной компоненте комплексного вектора интенсивности. Зависимость величин (1) от направления распространения реактивного потока мощности позволяет сформировать два пространственных канала по вертикальному реактивному потоку мощности.

Односторонняя направленность приемного канала может быть оценена отношением уровня сигнала при фронтальном приёме к уровню сигнала при тыльном приеме $|Q_{z1}^+ / Q_{z1}^-|$. На частоте вблизи первой критической $k_1 h = 3,5$ уровень сигнала при фронтальном приеме почти на порядок превышает уровень сигнала в тыльном направлении даже при $\gamma = 1$. Увеличивая весовой коэффициент до $\gamma = 1,5$ можно получить практически полное гашение тыльного лепестка, как показано на рис. 1, а. На рис. 1, б показаны зависимости для частотного параметра $k_1 h = 8,8$, который в модельном

представлении соответствует рабочей частоте 64Гц при глубине моря 33м. В этом случае отношение $|Q_{z1}^+ / Q_{z1}^-|$ вдоль трассы составляет от 5 до 10 в зависимости от глубины источника и приемника.

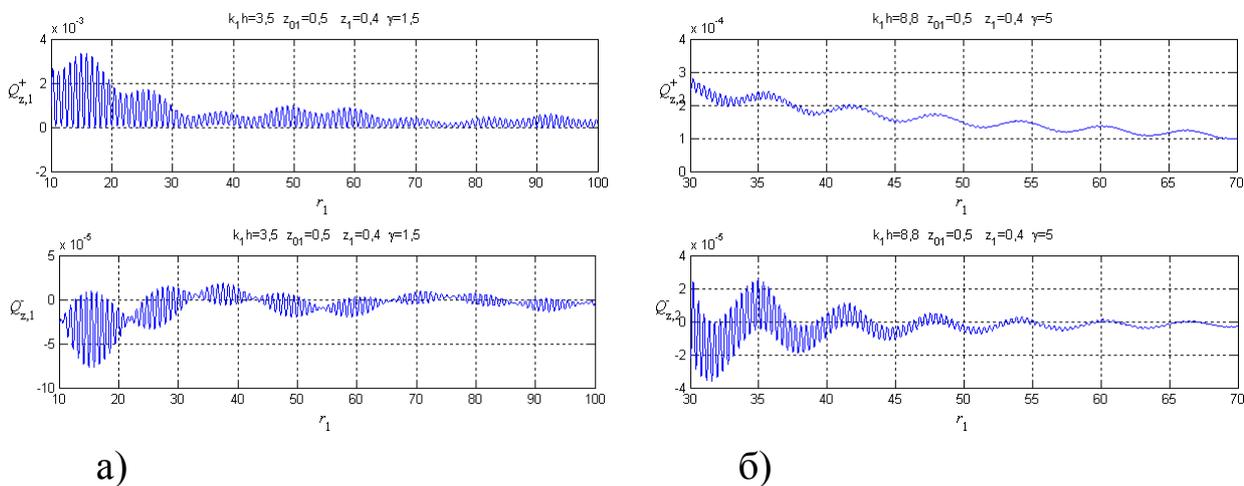


Рис. 1. Компьютерное моделирование односторонне направленного приёма вертикального потока мощности на разных частотах; а) $k_1 h = 3,5$; б) $k_1 h = 8,8$ /

На рис. 2–3 для этих же нормированных частот представлено пространственное распределение вертикального потока вектора интенсивности во фронтальном и тыльном направлениях. Для исключения потерь на распространение величины Q_{z1}^+ , Q_{z1}^- на 3D графиках умножены на нормированную радиальную координату r_1 . На графиках хорошо видны области минимальных значений, в пределах которых может быть сформирован однонаправленный прием.

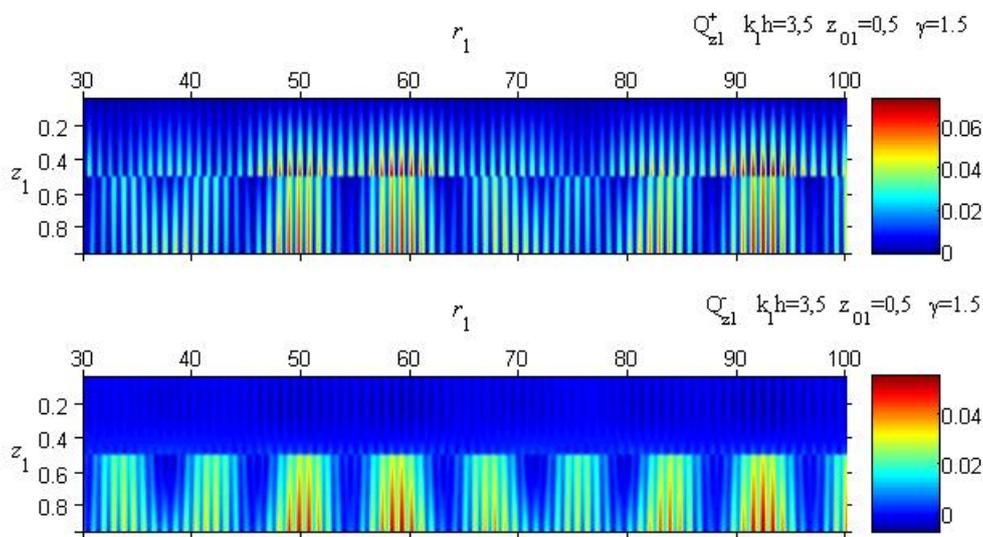


Рис. 2. Пространственная структура величин $r_1 Q_{z1}^+$, $r_1 Q_{z1}^-$, $k_1 h = 3,5$

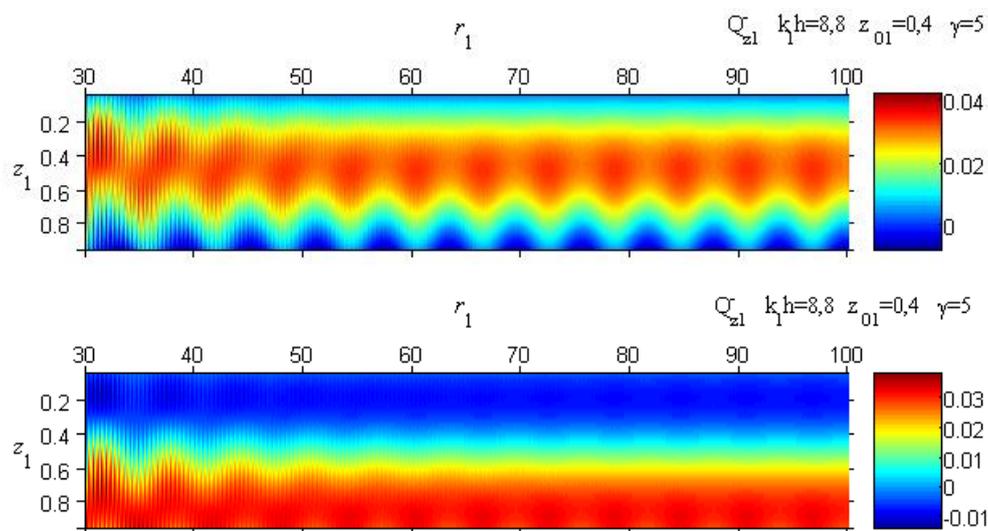


Рис. 3. Пространственная структура величин $r_1 Q_{z1}^+$, $r_1 Q_{z1}^-$ для частотного параметра $k_1 h = 8,8$

Из анализа пространственных структур следует, что на низких частотах в окрестности первой критической частоты поле имеет разрывный характер на горизонте источника, где генерируется вихревая составляющая вектора интенсивности с периодом $\lambda/2$ (рис. 2). В этом случае отношение $|Q_{z1}^+ / Q_{z1}^-|$ максимально на горизонте источника. При повышении частоты до $k_1 h = 8,8$ происходит горизонтальное расслоение структуры звукового поля по величине интенсивности (рис. 3), что создает хорошие условия для формирования направленности, $|Q_{z,2}^+ / Q_{z,2}^-| \approx 10$. С повышением частоты до $k_1 h = 15$ отношение $|Q_{z,2}^+ / Q_{z,2}^-|$ уменьшается до 3–5.

При дальнейшем увеличении частоты превышение уровня сигнала при фронтальном приеме становится недостаточным для формирования односторонней направленности. Поэтому формирование односторонней направленности по вертикальному потоку мощности может быть успешно выполнено на только низких частотах.

Литература

1. Гордиенко В.А., Ильичёв В.И., Захаров Л.Н. Векторно-фазовые методы в акустике. М.: Наука, 1989. 224 с.
2. Щуров В.А. Векторная акустика океана. Владивосток: Дальнаука, 2003. 308 с.
3. Гордиенко В.А. Векторно-фазовые методы в акустике. М.: Физматлит, 2007. 479 с.

4. Дзюба В.П. Скалярно-векторные методы в акустике. Владивосток: Дальнаука, 2006. 194 с.

5. Касаткин Б.А., Злобина Н.В., Касаткин С.Б., Злобин Д.В. Моделирование направленных свойств комбинированного приемника при смешанных алгоритмах обработки сигналов // Материалы Шестой всероссийской научно-технической конференции «Технические проблемы освоения Мирового океана». 28 сентября – 2 октября 2015 г. Владивосток. С. 171-175.

*A. Kiryanov, B. Salnikov, E. Salnikova, N. Slesarev (A.B. Кирьянов,
Б.А. Сальников, Е.Н. Сальникова, Н.Ю. Слесарев)*

FEFU, Vladivostok

**ZONING OF SUBSURFACE WATERS BY THE STOCHASTICITY
LEVEL OF SOUND VELOCITY FIELD (РАЙОНИРОВАНИЕ ПОД-
ВОДНЫХ АКВАТОРИЙ ПО УРОВНЮ СТОХАСТИЧНОСТИ ПОЛЯ
СКОРОСТИ ЗВУКА)**

Аннотация

Цель работы: разработка экспериментально-теоретического метода интегральной оценки стохастичности гидрологии подводных акваторий по результатам натурного эксперимента по дальнему распространению звука в глубоком море. Задачи исследования: методами компьютерного моделирования определить динамику изменения координат максимумов нормы функций вертикального распределения акустического поля (ВРАП) при увеличении уровня случайной компоненты поля скорости звука на дальностях, соответствующих центрам верхних и нижних зон конвергенции. Результаты компьютерного моделирования показали, что координаты максимумов нормы функций ВРАП при увеличении случайной компоненты поля скорости звука смещаются в сторону увеличения по дальности и могут служить численной мерой оценки уровня интегральной стохастичности поля скорости звука по трассе распространения зондирующего излучения при проведении натурного эксперимента.

В [1] предложен косвенный экспериментально-теоретический метод численной оценки уровня стохастичности поля скорости звука по результатам акустического эксперимента по дальнему распространению в глубоком море. Компьютерный эксперимент заключался в определении координат максимумов функций вертикального распределения акустического поля (ВРАП) при увеличении уровня случайной компоненты поля скорости звука на дальностях, соответствующих центрам верхних и нижним зон конвергенции. Результаты компьютерного моделирования показали, что координаты максимумов функций вертикального распределения акустического поля при увеличении случайной компоненты поля скорости звука смещаются в сторону увеличения по дальности по сравнению с детерминированной гидрологией. Относительное по отношению к детерминированной гидрологии смещение координат максимумов вертикального распределения акустического поля могут быть измерены при проведении натурного эксперимента и служить численной мерой оценки уровня интегральной стохастичности поля скорости звука по трассе распространения зондирующего излучения.

В данной работе приведены результаты компьютерного эксперимента по определению динамики изменения координат максимумов нормы ВРАП при увеличении уровня случайной компоненты поля скорости звука на дальностях, соответствующих центрам верхних и нижним зон конвергенции. Результаты компьютерного моделирования показали, что координаты максимумов нормы функций ВРАП при увеличении случайной компоненты поля скорости звука также смещаются в сторону увеличения по дальности по сравнению с детерминированной гидрологией. На рис. 1 приведены зависимости относительного смещения по дальности координат максимумов нормы ВРАП верхних и нижних зон конвергенции (ВЗК и НЗК) в зависимости от уровня случайной компоненты поля скорости звука. С увеличением номера зон конвергенции относительное смещение координат максимумов нормы ВРАП увеличивается при тех же значениях уровня случайной компоненты поля скорости звука.

Сравнительный анализ результатов компьютерного эксперимента приведённых в [1] и полученных в данной работе показал, что характер изменения координат максимумов ВРАП и нормы максимумов ВРАП различен. Относительное смещение координат по дальности максимумов ВРАП верхних зон конвергенции растут быстрее, чем относительное смещение координат максимумов нормы ВРАП, для нижних зон конвергенции быстрее растут относительное смещение координат максимумов нормы ВРАП. На рис. 2 приве-

дена динамика изменения относительного смещения координат максимумов ВРАП и максимумов нормы ВРАП для 3 и 4 верхней и нижней зон конвергенции в зависимости от уровня случайной компоненты поля скорости звука.

Исходные данные для компьютерного эксперимента, использованные в данной работе: глубина, угловой раскрыв источника излучения, размеры прямоугольных ячеек, моделирующих анизотропность случайной компоненты поля скорости звука, размеры модельного волновода и детерминированная компонента ВРСЗ – такие же, как в [1].

Источник с угловым раскрывом $[\pm 5,7^\circ]$ находился на глубине 300м, ось подводного звукового канала расположена на глубине 1000м. Для верхних зон конвергенции нормы вычислялись в диапазоне глубин от 0 до 1000м, а для нижних – от 1000м до 2000м.

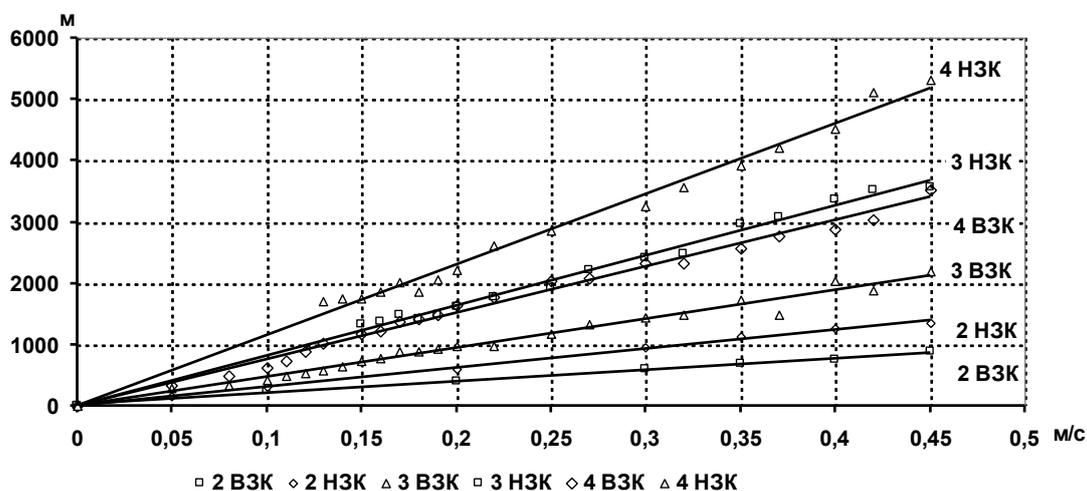
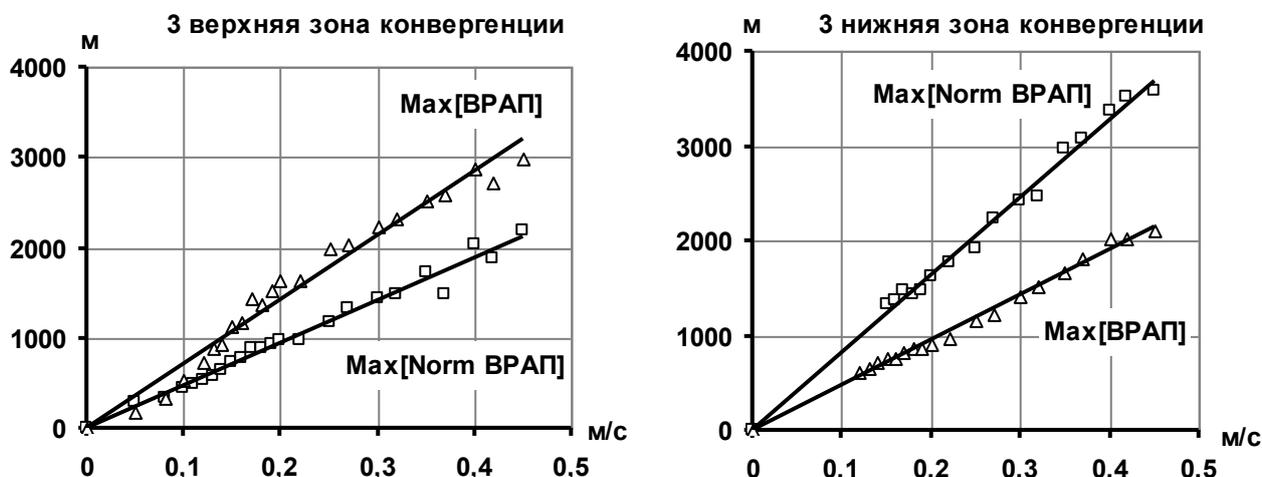


Рис. 1. Динамика относительного смещения по дальности координат максимумов нормы ВРАП верхних и нижних зон конвергенции



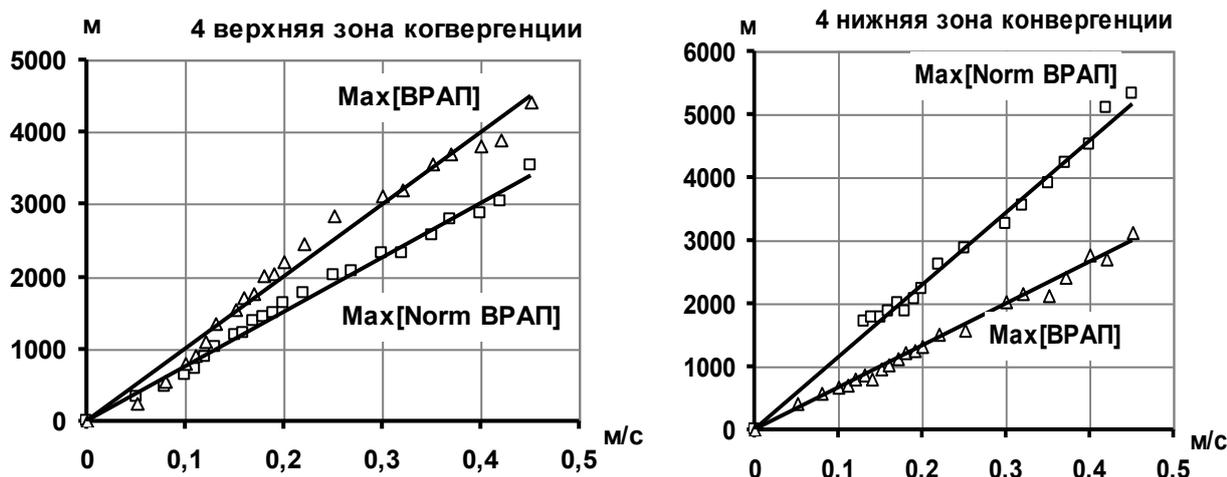


Рис. 2. Относительное по отношению к детерминированной гидрологии смещение координат максимумов нормы ВРАП и максимумов ВРАП для верхних и нижних зон когеренции в зависимости от уровня случайной компоненты поля скорости звука

Заключение

Результаты компьютерного моделирования показали, что координаты максимумов нормы функций ВРАП при увеличении случайной компоненты поля скорости звука смещаются в сторону увеличения по дальности и могут служить численной мерой оценки уровня интегральной стохастичности поля скорости звука по трассе распространения зондирующего излучения при проведении натурального эксперимента. Предложенный метод районирования подводных акваторий по уровню стохастичности поля скорости звука оправдывает себя на больших дальностях, когда зональная структура акустического поля разрушается, т.е. отсутствует чередование зон тени и акустической освещённости, однако сохраняется периодический характер чередования максимумов и минимумов нормы ВРАП по дальности.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (государственное задание № 2016/36, код проекта 1141).

Литература

1. Kiryanov A.V., Salnikov B.A., Salnikova E.N., Slesarev N.Yu. Modeling and study of main regularities of the formation of sound fields in randomly inhomogeneous underwater waveguides // Proceedings of Meetings

V. Kostenko, A. Tolstonogov (B.B. Костенко 1, А.Ю. Толстоногов 2)

¹Institute of Automation and Control Processes FEB RAS

²FEFU, Vladivostok

**DESCRIPTION OF THE MODULAR APPROACH WHEN
UPGRADING THE SOFTWARE ON-BOARD CONTROL
AND NAVIGATION SYSTEM FOR ROV (ОПИСАНИЕ
МОДУЛЬНОГО ПОДХОДА ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПО СИСТЕМЫ
БОРТОВОГО УПРАВЛЕНИЯ И НАВИГАЦИИ ДЛЯ ТНПА)**

Аннотация

В статье представлен и описан новый модульный подход, который использовался при разработке программного обеспечения системы бортового управления и навигации /СБУН/ телеуправляемого необитаемого подводного аппарата /ТНПА/, описан принцип нового алгоритма обмена данных между исполнительным устройством и пультом управления на основе независимых модулей данных, компонуемых в крупные пакеты. Показано практическое применение новой системы в качестве нового этапа развития СБУН на базе малогабаритного необитаемого подводного аппарата с автономным питанием «Чилим», разработанного Институтом проблем морских технологий /ИПМТ/. Приведены практические результаты работы и рассмотрены вопросы его дальнейшей модернизации.

Введение

В последнее десятилетие наблюдается значительный рост интереса к необитаемым подводным аппаратам, как автономного, так и привязного типа. Перед необитаемыми подводными аппаратами открываются большие перспективы, обусловленные как значительным технологическим прогрессом в области подводной робототехники, так и существенным расширением круга задач, решаемых с помощью подводных аппаратов. В то время как автономные аппараты эффективно используются в картографировании, патрулировании акватории и сборе проб, телеуправляемые

подводные аппараты занимают нишу, связанную со сложными манипуляционными работами на большой и средней глубине, недоступной для водолаза или представляющей опасность для его работы [1].

Эффективность использования ТНПА определяется совершенством его системы управления и навигации /Автопилот/, которая выполняет обширный список ответственных задач, в который входит:

- получение данных от бортовых навигационных датчиков аппарата;
- передача команд на исполнительные периферийные устройства;
- получение команд телеуправления от судового пульта и передача ему телеметрических данных от бортовых датчиков,
- реализация алгоритмов стабилизации и управления движением ТНПА с распределением управляющих тяг между движителями движительно-рулевого комплекса /ДРК/,
- исполнение функций контрольно-аварийной системы с принятием решений о выключении энергопитания бортовых устройств аппарата при срабатывании датчиков затекания.

Правильная архитектура, заложенная при разработке СБУН, приводит к очевидному повышению эффективности работы ТНПА, легкости его эксплуатации и модернизации. При программировании низкоуровневых программно-аппаратных комплексов классическим считается подход ярко выраженного процедурного программирования [2], при котором программный код представляет собой набор функций выполняемых последовательно в бесконечном цикле с использованием системных прерываний на внешние события с сохранением контекста. Такой метод хорошо зарекомендовал себя при разработке ПО для отдельных исполнительных устройств, но его существенным недостатком является низкая гибкость при работе с многочисленными устройствами и реализации сложных алгоритмов.

Описание ТНПА «Чилим»

Телеуправляемый необитаемый подводный аппарат с автономным питанием «Чилим» был разработан ИПМТ в рамках бюджетного финансирования и предназначен для решения широкого круга задач – от макетирования новых элементов в структуре подводного аппарата до проведения обзорных и поисково-спасательных работ на глубинах до 50 м. В состав оборудования ТНПА входят корпусная система, автопилот, блок энергетики, движительно-рулевой комплекс и система технического зрения. Кроме того предусмотрена возможность размещения дополнительно-

го оборудования. Корпусная система ТНПА состоит из несущей рамы, герметичных контейнеров для размещения электронного оборудования, блока плавучести, системы забортного монтажа и набора обтекателей. Так же в систему аппарата входит оптомодем, обеспечивающий передачу двух видеопотоков и Ethernet (10 Мб/с) [2].

На новом этапе модернизации на него в качестве платы автопилота был установлен отладочный комплект TE-STM32F207 с микроконтроллером STM32F207VGT6 частотой работы 120 МГц и распаянными на комплекте выводами Ethernet и CAN. Данный подход позволил передавать данные по сети на пульт управления без вспомогательных устройств.

Описание предлагаемой модульной системы ПО автопилота

Альтернативным подходом к разработке ПО служит надстройка в виде диспетчера задач для микроконтроллера. Данная надстройка позволяет формировать независимые логически обособленные функциональные блоки, каждый из которых представляет собой отдельный бесконечный цикл, решающий свою собственную задачу. Каждый такой блок является отдельным процессом. В свою очередь, диспетчер задач периодически отдает каждому процессу возможность управления, сохраняя контекст других задач. Такой подход обеспечивает псевдопараллельность исполнения кода, позволяя подключать к диспетчеру сколько угодно процессов.

Другим важным вопросом является хранение телеметрии данных аппарата. В статье предлагается формирование отдельных пулов данных телеметрии, которые периодически обновляются в процессах опроса данных датчиков и собираются в процессе сбора данных и передаче в пульт управления.

В работе приводится описание алгоритма функционирования подобной системы управления, уделяется внимание потокобезопасной передаче данных и команд между задачами посредством очередей сообщений. На рис. 1 представлена функциональная схема взаимодействия процессов автопилота между собой примененная при разработке Автопилота. Прямоугольниками обозначены сами процессы, овалами отображены пулы данных телеметрии. Стрелками обозначены направления передачи данных. Сплошными линиями обозначены передачи команд от центрального пульта управления или других процессов, пунктирными – передача или получение данных.

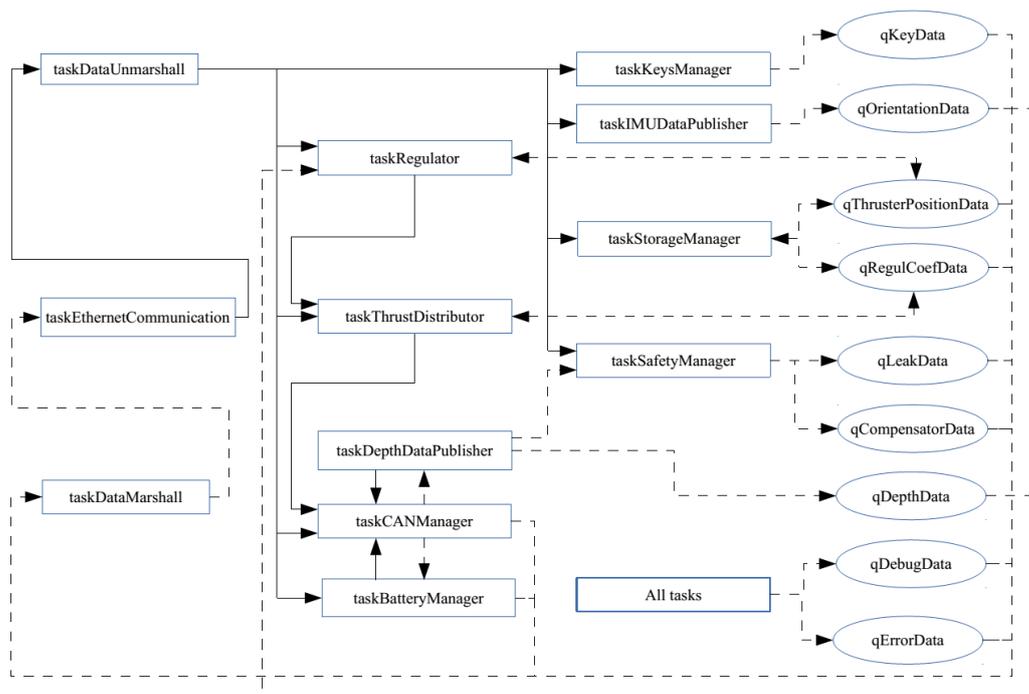


Рис. 2. Функциональная схема взаимодействия процессов в автопилоте

Натурные испытания

Испытания разработанной схемы проводились на базе малогабаритного необитаемого подводного аппарата с автономным питанием «Чилим» (рис. 2.). Показана эффективность и надежность её работы. Проведены замеры скорости обмена пакетами между пультом управления и Автопилотом. Так же время циклов стабилизации аппарата в различных режимах работы.



Рис. 3. Внешний вид малогабаритного необитаемого подводного аппарата с автономным питанием «Чилим»

Литература

1. Steven W. Moore (Author), Harry Bohm (Author), Vickie Jensen (Author) Underwater Robotics : Science, Design and Fabrication. – Marine Advanced Technology Edu, 2010 – 770 страниц, ISBN-13: 978-0984173709.
2. Ваулин Ю.В., Костенко В.В., Павин А.М. Особенности навигационного и алгоритмического обеспечения телеуправляемого необитаемого подводного аппарата // Подводные исследования и робототехника. 2013. №2 (16). С.4-16.
3. Гой В.А., Костенко В.В. Малогабаритная система регулирования плавучести. // Материалы 6-й научно-технической конференции «Технические проблемы освоения мирового океана», Владивосток, 28 сентября – 2 октября 2015, стр.113-117, ISBN 978-5-8044-1363-2.

G.E. Kuvshinov, K.V. Chupina (Г.Е. Кувшинов, К.В. Чупина)

FEFU, Vladivostok

**THE VESSEL DESCENT-RISE DEVICE FUZZY CONTROL SYSTEM
(НЕЧЕТКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫМ СПУСКО-
ПОДЪЕМНЫМ УСТРОЙСТВОМ)**

Аннотация

Эффективность использования автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) снижается из-за несовершенства применяемых в настоящее время спускоподъемных устройств (СПУ), с помощью которых АНПА опускают за борт судна-носителя перед началом миссии и поднимают обратно на палубу после ее окончания, а также из-за необходимости поднимать АНПА на борт судна для зарядки аккумуляторов. Эти операции можно производить только при низкой степени морского волнения, что существенно увеличивает время простоя. Кроме того, операции подключения аккумулятора к зарядному устройству весьма трудоемки и травмоопасны. Поэтому целесообразно производить заряд аккумуляторов АНПА под водой от подводной зарядной станции, а спускоподъемные операции с АНПА производить с помощью автоматического СПУ, которое компенсирует влияние качки судна.

Приводится описание нечеткой системы управления спускоподъемным устройством, обеспечивающей эффективную компенсацию качки судна-носителя на глубину погружения подводного объекта, устойчивую работу и качественное протекание переходных процессов.

Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) находят широкое применение при исследовании и освоении Мирового океана. Эффективность использования снижается из-за несовершенства применяемых в настоящее время спускоподъемных устройств (СПУ), с помощью которых АНПА опускают за борт судна-носителя перед началом миссии и поднимают обратно на палубу после ее окончания, а также из-за необходимости поднимать АНПА на борт судна для зарядки аккумуляторов. Эти операции можно производить только при низкой степени морского волнения, что существенно увеличивает время простоя. Кроме того, операции подключения аккумулятора к зарядному устройству весьма трудоемки и травмоопасны [1].

Поэтому целесообразно производить заряд аккумуляторов АНПА под водой, без подъема на судно-носитель, от подводной зарядной станции, а спускоподъемные операции с АНПА производить с помощью СПУ, которое позволит решить основные проблемы [2]:

1. Снизить влияние морского волнения на взаимодействие АНПА и спускоподъемного механизма во время их стыковки.
2. Упростить стыковку АНПА со спускоподъемным механизмом.
3. Устранить опасные рывки, возникающие в конструкциях АНПА и спускоподъемного механизма при подъеме АНПА с волны или посадке его на волну.

Для повышения эффективности подводных работ судовое СПУ дополняется амортизирующим устройством в виде подъемно-опускной стрелы [3].

Основное перемещение подводного объекта (опускание на поверхность воды, выход на заданную глубину погружения, подъем на судно) осуществляют путем сматывания или наматывания кабель-троса с барабана судовой подъемной лебедки. Изменение глубины погружения подводного объекта под действием качки судна компенсируется за счет изменения угла наклона подъемно-опускной стрелы таким образом, что высота головного конца стрелы относительно невзволнованной водной поверхности остается постоянной. Тем самым практически исключается влияние качки судна на глубину погружения подводного объекта [3].

В докладе рассматриваются вопросы разработки системы управления электроприводом СПУ, которая обеспечивает выполнение требований:

1. Эффективность компенсации качки судна-носителя на глубину погружения подводного объекта.
2. Устойчивость работы системы управления.
3. Качественное протекание переходных процессов при отработке управляющих и возмущающих воздействий.

У СПУ, работающих в режиме долговременной компенсации качки, применяют в основном асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Эти двигатели с частотным управлением получили широкое распространение из-за простоты конструкции, малой стоимости, высоких динамических и энергетических показателей.

Для выполнения указанных требований предлагается применить нечеткий регулятор в составе системы векторного управления.

В результате исследования была разработана методика синтеза нечеткого регулятора для системы управления электроприводом по системе «асинхронный короткозамкнутый двигатель - автономный инвертор напряжения», позволившая получить динамическую систему с желаемыми свойствами. Сформулированы экспертные рекомендации по составлению базы правил и выбору термов при проектировании многомерного нечеткого регулятора, включенного в обратную связь.

Разработанная система автоматического управления спускоподъемным устройством позволяет снизить вертикальные перемещения подводного объекта в десятки раз при интенсивности морского волнения 3-5 баллов. Спроектированная система управления устойчива и обеспечивает качественное протекание переходных процессов при изменении положения и веса подводного объекта.

Литература

1. Бугаенко Б.А. Динамика судовых спускоподъемных операций. – Киев: Наукова думка, 2004. – 320 с.
2. Г.Е. Кувшинов, Л.А. Наумов, К.В. Чупина, П.И. Чепурин. Электроснабжение и стабилизация глубины погружения подводной зарядной станции: монография. Владивосток: Дальнаука, 2015. - 201 с.
3. Спускоподъемное устройство: пат. RU 2445230 / Кувшинов Г.Е., Наумов Л.А., Чупина К.В., Радченко Д.В., Чепурин П.И.; патентообладатель ИПМТ ДВО РАН; заявл. 11.06.2010; опубл. 20.03.2012, Бюл. № 8.

S. Kulik, A. Tolstonogov (С.Ю. Кулик, А.Ю. Толстоногов)

FEFU, Vladivostok

VISUAL ODOMETRY AND MAPPING OF A SEA FLOOR AREA WITH UNDERWATER VEHICLE BASED ON STEREOVISION (ВИЗУАЛЬНАЯ ОДОМЕТРИЯ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ УЧАСТКА ДНА ПОДВОДНЫМ АППАРАТОМ НА ОСНОВЕ СТЕРЕОЗРЕНИЯ)

Аннотация

В статье рассмотрен метод локальной навигации и последующего картографирования Автономного Необитаемого Подводного Аппарата / АНПА/ при помощи визуальной одометрии. Метод навигации основан на

поиске границ объектов на серии последовательно снятых парах стерео изображений, их описании и последующего сопоставления для формирования карты местности с учетом глубины изображения. В качестве способа описания границ рассматривается подход, при котором граница представляет собой ломаную, огибающую объект и состоящую из отрезков равной длины, которая задается набором углов или их приращений. Рассмотрены алгоритмы компенсации неравномерности рельефа за счет использования стерео фото системы. Приведены результаты тестирования метода с использованием модельных и реальных данных на студенческом аппарате.

Введение

Одной из главных задач подводной робототехники является высокоточная навигация подводных аппаратов /ПА/. Без решения данной задачи невозможно обеспечить выполнение большого количества работ связанных с поиском и обнаружением объектов, обследования и картографирования морского дна и привязки карты к географическим координатам. В связи с недоступностью получения данных от GPS остаются лишь каналы связи связанные с гидроакустическими буями, требующими предварительной развертки на местности и переусложнения системы в целом. Для локальных работ, в которых используется стабилизация положения, патрулирование и обследование акватории достаточно местной навигации с относительной привязкой к заранее выбранному объекту или старту миссии. Локальную навигацию возможно обеспечить как дорогостоящим оборудованием, как, например, гидроакустический доплеровский лаг, который за счет эффекта Доплера выдает скорость движения ПА относительно дна, и затем проинтегрировав которую можно с высокой точностью получить относительное смещение аппарата. Но так же эту проблему можно решить более доступными средствами, используя фото систему. Сопоставляя последовательные кадры полученные от фото системы и обладая информацией о её внутренних и внешних параметрах, а так же получив расстояние до дна возможно рассчитать путь, пройденный ПА. Используя стерео фото систему, есть возможность сопоставить кадры стереопары и получить расстояние до дна и тем самым полностью решить задачу визуальной одометрии, не используя стороннего оборудования.

Решению задачи определения движения мобильных роботов с использованием обработки видео изображений посвящено большое количество публикаций, обзор которых можно найти, например, в [1]. Для ее решения в основном используются два подхода. Один из них основан на оценке оптического потока [2, 3]. Другой подход заключается в выделении одних и тех же объектов на последовательных изображениях [4, 5]. Метод оценки оптического потока весьма чувствителен к колебаниям яркости и для устойчивой работы накладывает жесткие ограничения на величину перемещения между последовательными тактами работы. Метод, использующий выделение объектов, менее чувствителен к колебаниям яркости изображения, так как в нем используются признаки, основанные на геометрических характеристиках объектов. Он не накладывает ограничений на величину перемещения между последовательными тактами работы, необходимо лишь, чтобы объекты, по которым производится сопоставление, присутствовали на двух последовательных кадрах изображения.

Описание алгоритма анализа последовательных кадров

В качестве объектов сравнения в предложенном нами методе используются линии, соответствующие фрагментам границ объектов на изображении. Разобьем фрагмент линии границы точками так, чтобы расстояния между соседними точками были фиксированными и одинаковыми, то есть кривую аппроксимируем ломаной, состоящей из отрезков одинаковой длины. Ориентация каждого отрезка определяется углом между данным отрезком и осью Ox в заданной системе координат Oxy согласно соотношению (1):

$$\varphi_i = \begin{cases} \varphi'_i, & (x_{i+1} - x_i) \geq 0 \\ \varphi'_i - \pi \operatorname{sign}(\varphi'_i), & (x_{i+1} - x_i) < 0 \end{cases} \quad (1)$$

при условии:

$$(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2 = \operatorname{const} \quad (2)$$

где:

$$\varphi'_i = \operatorname{arctg} \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \quad (3)$$

(x_{i+1}, y_{i+1}) и (x_i, y_i) – координаты начала и конца i -ого отрезка, $i = 1, \dots, N$.

Информация о линии границы объекта на текущем изображении представляет собой последовательность углов $\varphi(l)$ или приращений углов $\Delta\varphi(l)$, где:

$$\Delta\varphi(l) = \varphi(l + 1) - \varphi(l), \quad (l = 1, \dots, N - 1)$$

Данный фрагмент линии границы объекта на новом изображении дискретизируется аналогичным образом и представляется в виде $\psi = (\psi_1, \dots, \psi_n)$, где ψ_1, \dots, ψ_n – последовательные углы, или в виде $\Delta\psi = (\Delta\psi_1, \dots, \Delta\psi_n)$, где $\Delta\psi_1, \dots, \Delta\psi_n$ – последовательные приращения углов.

Можно построить алгоритм, с помощью которого путем сравнения вектора (ψ_1, \dots, ψ_n) с векторами $\varphi_c = \{\varphi(c), \dots, \varphi(c + m - 1)\}$, где c – номера фрагментов границы, содержащих по m элементарных сегментов, можно было бы определить вектор $\varphi_{c'}$, который был отснят в текущем кадре, с тем, чтобы далее по известному в координатном пространстве местоположению вектора φ_c оценить текущий вектор перемещения ПА.

Известно, что в случае, когда в качестве критерия оптимальности выбирается условие максимума апостериорной вероятности правильного определения указанных параметров, оптимальным алгоритмом оценивания является алгоритм, соответствующий методу наименьших квадратов. При этом оптимальное решающее правило состоит в том, что наблюдению ставится в соответствие такое решение $\varphi_{c'}$, для которого справедливо соотношение:

$$u_{c'} = \max_c \{u_c\} \quad (4)$$

где:

$$u_c = \sum_{k=0}^{n-1} \varphi(c + k) \left[\psi_k - \frac{\varphi(c+k)}{2} \right] \quad (5)$$

Последующий анализ объектов на кадрах позволяет получить смещение последовательных кадров друг относительно друга и получать последовательное смещение на каждой итерации цикла работы системы.

Описание алгоритма сопоставления стереопар

Второй часть заключается в анализе данных стереопары ПА. Для этого заранее, при подготовке аппарата к водным испытаниям, бортовая стереосистема калибруется. В результате калибровки вычисляется фундаментальная матрица стереосистемы, которая необходима для расчёта эпиполярных линий стереопары и исходные матрицы P обеих камер, которые характеризуют фокусные расстояния камер и центры изображения.

Две соответствующие точки найденных одинаковых объектов на разных кадрах стереопары триангулируются по формуле:

$$\begin{cases} x_1 = P_1 X \\ x_2 = P_2 X \end{cases}$$

где x_1 и x_2 – однородные координаты, определенные на основе анализа объектов найденных при помощи предыдущего алгоритма, являющиеся проекцией некоторой одной точки пространства X , P_1 и P_2 – матрицы соответствующих камер.

Решая для каждой пары объектов данную систему уравнений, мы получаем среднее расстояние до дна, исходя из предположения, что оно в данной местности плоское.

Применение

После инициализации системы и задания параметров ее функционирования начинается съемка дна. Вертикальная ориентация видеокамеры в процессе движения поддерживается автоматически системой управления ПА на основе данных о крене и дифференте от датчиков навигационно-пилотажной системы.

На начальном этапе обработки выполняется выделение границ между областями на изображении, имеющими отличающуюся яркость (или интенсивность сигнала). Предполагается, что границы расположены в местах, в которых перепад интенсивности (или градиент) имеет локальный максимум. Для выделения на изображении кривых, соответствующих границам объектов, используется метод на основе оператора Собела. Сформированные кривые представляют собой последовательности точек со значениями 1 на фоне 0, где 0 соответствует остальным областям на изображении. После этого данные стереофото системы обрабатываются двумя вышеперечисленными алгоритмами. Вычисляются локальные координаты местности и формируется карта, с учетом расстояния до дна.

Результаты

Для проверки работы алгоритмов стабилизации по видеоизображению мы использовали комплект из двух камер GC1380 установленных на малогабаритном студенческом АНПА. Разрешение камер составляет пикселей. Данные характеристики позволяют достигать при расстоянии 1 м и угле обзора 38 градусов разрешающей способности до 0.5 мм.

Полученные результаты испытаний свидетельствуют о работоспособности метода и невысокой ошибке стабилизации.

Литература

1. Дж. К. Аггарвал, Н. Наидхакумар. Определение параметров движения по последовательности изображений: Обзор, ТИИЭР, N8, 1988, с.69-89.
2. S. Negahdaripour, X. Xu, L. Jin. Detect Estimation of Motion from Sea Floor Images for Automatic Station-Keeping of Submersible Platforms. IEEE Journal of Oceanic Engineering N3, 1999, pp.370-382.
3. Кузнецов П.К., Семовин В.И., Владимиров Н.В. Оценивание скорости по характеристикам последовательности кадров телевизионного изображения. Изв. вузов. Приборостроение, 1997, N2, сс.58-61.
4. Negahdaripour S. et al. An Integrated Vision-Based Positioning System for Video Stabilization and Accurate Local Navigation and Terrain Mapping. Proc. of the OCEANS'03, Sept. 22-26, San Diego, USA, 2003.

A. Nadytov (А.В. Надымов)

FEFU, Vladivostok

EFFECTIVENESS ANALYSIS OF LONG-DISTANCE RADIO MODEMS AT THE INVESTIGATION OF THE WORLD OCEAN (АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОМОДЕМОВ ДАЛЬНЕЙ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МИРОВОГО ОКЕАНА)

Аннотация

Статья посвящена вопросу осуществления передачи различных данных из труднодоступных мест Мирового океана в единую сеть сбора данных. Основное внимание уделяется рассмотрению эффективности радиоаппаратуры, работающей по разным принципам и стандартам, с помощью которой возможно организовать сенсорную сеть на поверхности морской воды. В статье дается качественная оценка каналов беспроводной связи, построенных на оборудовании различных типов. Из этих каналов непосредственно состоит надводная сенсорная сеть для оценки различных характеристик Мирового океана и сбора этих данных в единый информационный центр.

С достаточно давних пор разработчики оборудования для радиосвязи, ведущие производственные корпорации и научные сотрудники соответствующей направленности определили для себя условный вектор развития, который указывал в сторону повсеместного увеличения скоростей передачи данных. Вектор был задан абсолютно оправданно, и плоды его успешной реализации потребители охотно пожинают в наши дни. Это и беспроводной высокоскоростной интернет, и высокоэффективные магистральные радиоканалы, и беспроводные локальные и персональные сети, и телевидение высокой четкости, и сверхточные радары, и тому подобное.

В данной статье речь пойдет о технологиях, которые долгое время оставались в тени вектора повышения скоростей беспроводных каналов. Это технологии дальнего радиуса действия, или если более точно, то технологии низкоскоростных персональных дальнобойных радиоканалов. Такие системы радиосвязи позволяют передавать данные с любых датчиков или индикаторов в место назначения на расстояние до 10км и даже более. На практике это может быть передача показаний приборов бытового или промышленного учета, передача показаний спортсменов на различных мероприятиях (скорость, дистанция, пульс и пр.), передача данных о состоянии нефте-, газо- или водо-проводов, построение сенсорных сетей для оптимизации городского трафика и масса других примеров.

В область, связанную с исследованием Мирового океана, подобные устройства достаточно хорошо вписываются, вследствие того, что, располагая датчики в состоянии дрейфа на поверхности водной глади, возможно построить сенсорную сеть, связывающую собой все данные от датчиков в едином месте сбора информации. Данные могут передаваться какие угодно: начиная от температуры, солености и других характеристик воды, заканчивая информацией о состоянии подводных трубопроводов и о миграции косяков рыб, морских обитателей и т.д.

В обозначенный класс низкоскоростных персональных дальнобойных радиомодулей можно выделить следующие три подгруппы устройств:

1. Medium Range Devices - MRD (устройства умеренной дальнобойности) – Bluetooth/ZigBee (до 5км по прямой видимости, до 3Мбит/с).
2. Long Range Devices – LRD. Или Sub-GHz Devices (устройства высокой дальнобойности) – радиомодули Texas Instruments, Semtech, Telit. (до 15км по прямой видимости, до 10кбит/с).

3. GPRS/GSM modules – LRD/GSM (устройства высокой дальности на базе сотовой сети) – радиомодули LEON, CEL, SARA (до 20км по прямой видимости, до 115кбит/с).

По каждой из этих трёх групп существует ряд натуральных наземных экспериментов, показывающих практическую предельную дальность канала связи, параметр RSSI, параметр PER. Этих данных будет достаточно, чтобы гипотетически, эскизно понимать строение и масштаб планируемой сенсорной надводной радиосети для исследования Мирового океана.

Кончено, следует сказать, что третий класс устройств, непосредственно связанный с сетью мобильной радиосвязи, в рамках поставленной задачи использован быть не может. Поэтому остается рассмотреть эффективность устройств классов MRD и LRD.

Что касается устройств MRD, то этот класс также соответствует поставленному техническому условию не в полной мере, т.к. мегабитные скорости здесь не требуются, а требуется надежная связь как можно на более далеком расстоянии. Следовательно, рассматривать MRD радиомодемы нужно ограниченно. Например, для поставленной задачи, вполне подходят модемы, работающие по протоколу ZigBee на догигагерцовых частотах - XBee-900 и XBee-XSC.

Довольно большую дальность канала связи ZigBee на догигагерцовых частотах подтверждает проведенный эксперимент: уверенная работа (PER=0%) на дальностях до 12км по прямой видимости и 1,24км при работе полностью на отраженных лучах. В целом данный эксперимент показал реальность применения конкретных радиомодулей для конструирования сенсорных сетей и пригодность их для любых целей, где необходима дистанционная передача данных на далекое расстояние с невысокой скоростью. Тем более, модули поддерживают все необходимые топологии: Точка-Точка, Звезда, Mesh.

Особенности работы модулей ZigBee дают им достаточно большое время автономной работы при миниатюрных габаритах. Например, модуль XBee-900, потребляющий 48мА по максимуму при передаче, потребляет в режиме сна 1,7мкА, при этом время, выделенное на активную фазу, примерно в 1000раз меньше, чем на режим сна. Итого, при комплектации модуля стандартным автономным источником питания с характеристиками 3,3В*256мА, время автономной работы модуля составит от двух-трех

месяцев до трех-четырех лет в зависимости от требуемой дальности радиосвязи и соответствующего режима работы.

В то время как MRD-устройства семейства ZigBee используют на физическом уровне исключительно широкополосную модуляцию данных методом прямого расширения спектра с использованием BPSK на частотах близ 900МГц, и OQAM на частотах 2,4ГГц, устройства LRD выпускают различные производители, и их подход к физическому уровню существенно различается.

Для проведения анализа дальнобойных устройств, аналогичного проведенному ранее, можно взять три основных конкурирующих радиомодуля: Telit LE51-868-S, Semtech LoRa iM880A, Texas Instruments CC1200-DK.

Как и в предыдущем случае, длительность бесперебойной и непрерывной работы рассматриваемых чипов при использовании 4-х источников питания 1,5V-AA (как рекомендуют производители) будет составлять примерно 1 год для модулей iM880A и CC1200-DK, и полгода для LE51-868-S, при максимально энергозатратном режиме работы обеих установок.

Результаты по реальным экспериментам имеются для первых двух радиомодулей: Texas Instruments CC1200-DK и Semtech LoRa iM880A. Т.к. именно эти радиомодули, как выяснилось, являются наиболее энергетически эффективными, то данных экспериментов будет достаточно. Непосредственными результатами экспериментов будут показания каждого из двух радиомодулей двух важнейших характеристик: показателя уровня принимаемого сигнала (RSSI) и процент ошибочно принятых пакетов (PER).

Радиомодемы класса LRD имеют следующие характеристики физического канала:

1. Texas Instruments CC1200-DK

- Частота несущей – 868 МГц (полоса 128кГц);
- Модуляция – 2 FSK (двухпозиционная частотная манипуляция);
- Скорость – 4,6 кбит/с;
- Максимальная выходная мощность – 14 дБм;
- Чувствительность приемника – 123дБм;

2. Semtech LoRa iM880A

- Частота несущей – 869,5 МГц (полоса 125 кГц);
- Модуляция – LoRa proprietary modulation (широкополосная ЛЧМ);
- Скорость – 5,4 кбит/с;

- Максимальная выходная мощность 19дБм;
- Чувствительность приемника – 137 дБм.

Производители устройства Texas Instruments CC1200-DK заявляют предельную дальность связи до 10км, а разработчики Semtech LoRa iM880A обещают дальность связи 15км на открытом пространстве и 2-5 км в условиях плотной городской застройки.

Эксперимент базировался на пяти опорных точках в пространстве и его результаты отражены в Таблице 1.

Зафиксированные результаты отчетливо подтвердили разницу в эффективности двух рассматриваемых радиомодулей. Так, однозначно можно сказать, что для аппаратуры Texas Instruments более приемлема радиотрасса с низким количеством и уровнем многолучевых компонент, а устройства Semtech работают более эффективнее конкурента в условиях радиотрассы с жесткой многолучевостью (лесополоса, городская улица). Кроме того, в соответствии с натурным опытом предельная дальность установок, заявляемая производителями для радиоканала с отсутствующей прямой видимостью (1-2км) можно считать успешно достигнутой для аппаратуры Semtech, и недостигнутой для Texas Instruments. В то же время, заявленная дальность связи по прямой видимости в 10км не была достигнута на практике ни одним производителем, хотя модуль Texas Instruments CC1200-DK проявил себя в этой области лучшим образом и позволил покорить дальность примерно 6км.

Таблица 1

Результаты эксперимента «территориальное вещание»

Дальность	CC1200-DK						iM880A					
	5дБм		10дБм		14дБм		5дБм		10дБм		14дБм	
	RSSI	PE R	RSS I	PE R	RSS I	PE R	RSS I	PE R	RSS I	PE R	RSS I	PE R
813,м	-83,4	0,1	-	0,1	-	0	-77	4,2	-	0,5	-	0,1
			77,8		72,5				75,4		73,5	
1510, м	-92,7	0,3	-	0	-	0	-95	0,5	-90	0,6	-88	0,9
			87,1		83,2							
2940, м	-104	2,3	-98	0,8	-	0,1	-106	10,5	-	8,1	-97	3
					93,5				99,3			
5860, м	-120	24	-116	10	-112	2,5	-128	65	-122	60	-118	33,5

Таким образом, на данном этапе можно утверждать, что сенсорная сеть надводного базирования для исследования Мирового океана наиболее эффективно будет работать на базе радиомодемов XBee-XSC или Semtech LoRa iM880A.

Литература

1. Zuniga M. An analysis of unreliability and asymmetry in lowpower wireless links. [Текст] / M. Zuniga., B. Krishnamachari// ACM Transactions on Sensor Networks. – 2007. – Vol.3, No. 2. – p. 1 – 34.
2. Надымов А.В, Титов П.Л. Перспективные средства связи. Владивосток. Изд. Дом ДВФУ, 2015.
3. Черенкова Е.Л., Распространение радиоволн – М.: Радио и связь, 1984. – 272с.

*M. Nevmetzhitsky 1, A. Vara 1, M. Boyko 2, B. Notkin 1,2, K. Zmeu 1,
(М.Н. Невмержицкий 1, А.В. Вара 1, М.В. Бойко 2, Б.С. Ноткин 1,2,
К.В. Змеу 1)*

¹FEFU, Vladivostok

²Pacific National University, Khabarovsk

3 Institute of Automation and Control Processes FEB RAS, Vladivostok

**ON EXPERIMENTAL STUDY OF THE STRUCTURAL DYNAMICS
OF INDUSTRIAL MANIPULATOR (К ВОПРОСУ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНОЙ
ДИНАМИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА)**

Аннотация

Рассмотрены подходы к построению эксперимента по анализу структурной динамики промышленного робота KUKA KR 10 R900 SIXX. Приведены варианты и определены предпочтительные способы вибровозбуждения, расположения измерительных приборов и их типы. Оценено влияние пространственного расположения звеньев манипулятора и жесткости электроприводов. Представленный материал может рассматриваться как предпроектное планирование массивов экспериментов по классическому модальному анализу электромеханической части промышленного робота.

Ключевые слова: промышленный манипулятор, КУКА, модальный анализ, спектральный анализ, динамические свойства, собственные частоты

Введение

На фоне продолжающегося бурного роста использования промышленных роботов, в том числе для выполнения технологических операций, одним из существенных сдерживающих факторов остается ограниченная механическая (электромеханическая) жесткость манипулятора. Известно, что это порождает низкую виброустойчивость технологических процессов, например, фрезерования, снижает динамическую точность, надежность и долговечность механических узлов [1]. Решение задач по снижению влияния указанных факторов связано с построением адекватных математических моделей реальных промышленных роботов. Идентификация параметров и верификация моделей в рассматриваемой области может быть эффективно выполнена методами структурной динамики, в частности, классического модального анализа [2-6, 8]. Экспериментальный модальный анализ весьма чувствителен к правильному построению эксперимента, что особенно важно для такого сложного, нестационарного объекта как промышленный робот манипулятор. Вопросы вибровозбуждения, типов и локализации датчиков, пространственного расположения звеньев манипулятора, состояния электроприводов звеньев не являются тривиальными. Кроме того сам способ проведения эксперимента в существенной степени зависит от цели исследования [3-8].

В настоящей работе рассмотрены подходы к построению эксперимента по анализу структурной динамики промышленного робота КУКА KR 10 R900 SIXX. Целью работы является уточнение техники проведения экспериментов для обоснованного планирования массивного экспериментального модального и частотного анализа робота манипулятора малой грузоподъемности для идентификации параметров и верификации его математической модели.

Описание оборудования и экспериментов

Для исследования использован промышленный робот-манипулятор КУКА KR 10 R900 SIXX (рис. 1а) [9]. На рисунке 1б показана его кинематическая структура, имеющая шесть степеней свободы. Нагрузочная спо-

способность манипулятора составляет 10 кг при максимальном вылете 900 мм. На рисунке 2а и 2б показаны два кинематических положения манипулятора с размещёнными на них датчиками для проведения ударных испытаний.

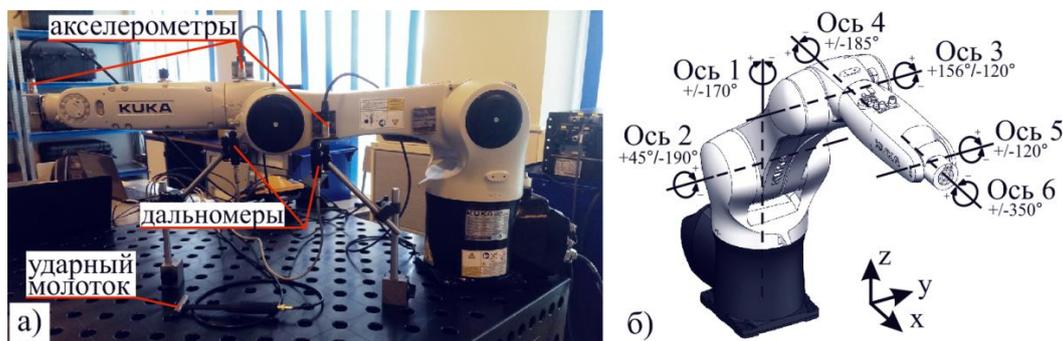


Рис. 1. а) Общий вид манипулятора KUKA KR 10 в горизонтальном положении с датчиками; б) кинематическая структура манипулятора

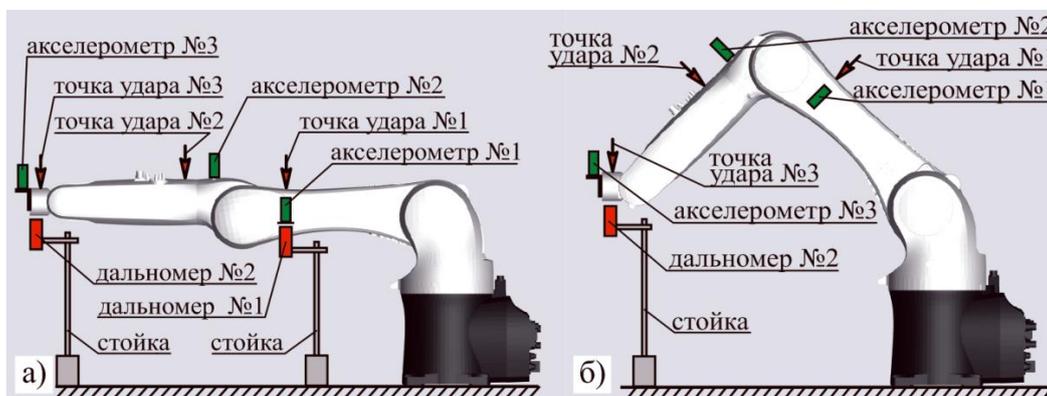


Рис. 2. Положения манипулятора в процессе испытаний: а) горизонтальное положение; б) угловое положение

Для измерений на манипуляторе установлены три одноосевых акселерометра IMI SENSORS ICP603C01. Акселерометр №3 жестко прикреплен к фланцу последнего звена манипулятора, и в обоих рассматриваемых кинематических положениях ориентирован параллельно оси удара. Под вторым (кинематическое положение на рис. 2а) и пятым (кинематическое положение на рис. 2а, 2б) звеном манипулятора размещены лазерные дальномеры RF603HS.56-15/5, позволяющие точно регистрировать положение звеньев манипулятора. Для воздействия на манипулятор использован ударный молоток ICP 086C03 со встроенным акселерометром.

Исследование целесообразности использования дальномеров для частотного анализа

Распространённой практикой в экспериментах по модальному анализу является применение акселерометров для регистрации отклика мани-

пулятора [3-7], реже могут быть применены датчики положения [8], но, как правило, для задач не связанных с частотным анализом. Рассмотрим условия целесообразности использования датчиков положения для частотного анализа промышленных манипуляторов. На рисунке 3 представлены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) манипулятора (горизонтальное положение, рис. 2а), полученные при его возбуждении в точку №3 и одновременной регистрации отклика с помощью дальномера №2 и акселерометра №3, установленных в области пятого звена манипулятора.

Характеристики реакции акселерометра и дальномера подобны, так как отражают один физический процесс. В области до 100Гц резонансные частоты характеристик совпадают. По представленным графикам можно судить о высокой повторяемости реакции каждого датчика на ударные воздействия. При наблюдаемом относительном постоянстве уровня спектральной мощности данных с акселерометра в высокочастотной области, амплитуда сигнала с датчика положения падает, и в области 100Гц достигает предела его амплитудной чувствительности. В области низких частот до 5 Гц наблюдается противоположная картина – на предел амплитудной чувствительности выходит акселерометр. В среднем диапазоне от 10 до 100 Гц чувствительность измерения обоих датчиков примерно одинакова. Минимальные собственные частоты робота KUKA KR 10 лежат в рабочем диапазоне акселерометра выше 10Гц. Отсутствие собственных частот в низкочастотной области видно по показаниям дальномера. Низкие собственные частоты тяжелых роботов находятся в диапазоне от 6 до 10Гц [3, 7, 8], то есть в области предела амплитудной чувствительности акселерометров. Существуют специальные модели акселерометров с узким рабочим диапазоном, смещенным в низкочастотную область [10], которые могут быть использованы для работы в интересующем диапазоне частот. Применение специального класса лазерных дальномеров – лазерных виброметров снимает ограничения по диапазону измерения частот конструкции [11], однако существенным недостатком данных приборов является их стоимость. Для класса тяжёлых роботов может оказаться предпочтительным использование дальномеров, покрывающих необходимый диапазон отклика.

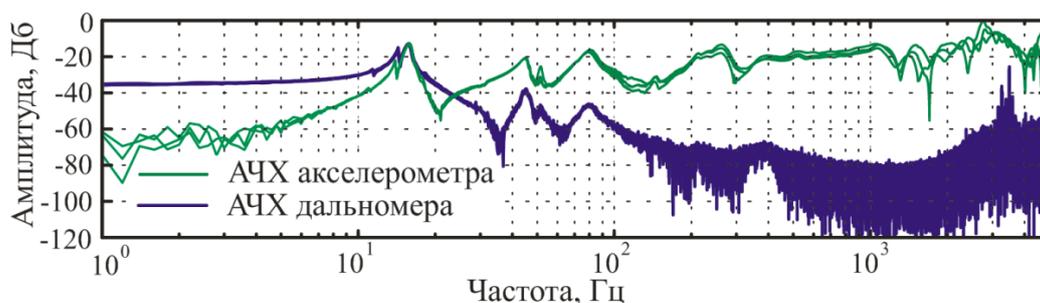


Рис. 3. АЧХ реакции акселерометра №3 и дальномера №2 на ударные воздействия молотком по точке №3 манипулятора в горизонтальном положении

Выводы

В статье рассмотрены натурные эксперименты по модальному анализу промышленного манипулятора KUKA KR 10 R900 SIXX с целью уточнения техники проведения экспериментов для обоснованного планирования массивного экспериментального модального и частотного анализа робота манипулятора малой грузоподъемности для идентификации параметров и верификации его математической модели. Эксперименты проведены в двух кинематических положениях манипулятора. Выполнен анализ спектрального состава возмущающих воздействий ударного молотка. Проведено сравнение различных способов возбуждения и регистрации отклика манипулятора. Выявлено, что полнота картины спектральных характеристик зависит от продолжительности импульса источника возбуждения. Проведено сравнение способов регистрации отклика манипулятора по частотным характеристикам, даны рекомендации средств регистрации отклика. Выявлено влияние приводов на динамические свойства манипулятора в высокочастотной области. Рассмотрено влияние локализации воздействия и регистрации отклика на АЧХ манипулятора. Зафиксировано, что регистрируемая картина АЧХ меняется и от точки удара, и от точки регистрации отклика. Зафиксировано изменение динамических свойств манипулятора при смене его положения. Результаты могут быть использованы для планирования массивных экспериментов по модальному анализу.

Литература

1. Y. Altintas “Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations and CNC Design”, Cambridge University Press, 382 p., 2012. ISBN 978-0-521-17247-9

2. D. Ewins “Modal Testing: Theory, Practice and Application”, Second ed., Research Studies Press LTD, Hertfordshire, 562 p., 2000. ISBN 0863802184
3. C. Bisu, M. Cherif, A. Gerard, J. K’Nevez “Dynamic behavior analysis for a six axis industrial machining robot”, ICASAAM 2011, Bucharest, Romania., 13 p., 2011
4. A. Jaber, R. “Bicker A Systematic Strategy to Find the Natural Frequencies of an Industrial Robot”, Intl. Conf. on Advances in Mechanical and Robotics Engineering, pp. 42-47, 2013, ISBN: 978-981-07-7965-8
5. J. Huckaby, H. Christensen “Dynamic Characterization of KUKA Light-Weight Robot Manipulators”, Technical Report GT-RIM-CR-2012-001, Center for Robotics & Intelligent Machines, Georgia Institute of Technology, 17 p., 2012
6. H. Karagulle, A. Amindari, M. Akdag, L. Malgaca and S. Yavuz “Kinematic-Kinetic-Rigidity Evaluation of a Six Axis Robot Performing a Task”, International Journal of Advanced Robotic Systems Vol. 9, 9 p., 2012
7. G. Nitz, “Modal Testing at KUKA Roboter GmbH. Modal Testing Of Industrial Robots Using OROS Modal 2 V5.0”, Oros application note, 3 p., 2009
8. J. Bauer, M. Friedmann, T. Hemker “Analysis of Industrial Robot Structure and Milling Process Interaction for Path Manipulation”, Part of the series Lecture Notes in Production Engineering, pp. 245-263, 2009
9. “KR AGILUS sixx WP With W and C Variants. Specification”, Robots, KUKA Roboter GmbH, 133 p., 2015
10. M. Senldge, T. Licht “Piezoelectric Accelerometers and Vibration Preamplifiers. Theory and Application Handbook”, Bruel&Kiaer, Denmark, 152 p., 1987
11. О. Журавлёв “Лазерная виброметрия механических конструкций: учеб. пособие”, Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, Самара, 72 с., 2006. ISBN 5 7883-0406-7

V. Petukhov 1, E. Zheldak 1, A. Burenin 2 (В.И. Петухов 1, Е.М. Желдак 1, А.В. Буренин 2)

¹FEFU, Vladivostok

²Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok

**THE EVALUATION OF THE PREDICTION ACCURACY
OF VERTICAL DISTRIBUTION OF SOUND VELOCITY USING
FIELD DATA (ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРСЗ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАТУРНЫХ ДАННЫХ)**

Аннотация

При построении систем мониторинга морских акваторий, планировании океанологических исследований, развёртывании сетей подводной передачи данных требуется учитывать условия распространения акустических сигналов. Один из основных параметров, который необходимо принимать во внимание – вертикальное распределение скорости звука (ВРСЗ). В силу затруднительности одновременного его определения по трассе распространения акустического сигнала, были разработаны различные модели, описывающие поле скорости звука на основе многолетних данных. Использование таких моделей позволяет проводить оценку ВРСЗ в заданном районе и выполнять расчёты ожидаемых дальностей связи. В предлагаемой работе проводится сравнение прогнозных значений с натурными данными, измеренными вдоль трассы в Японском море.

Звуковые волны остаются традиционным средством передачи данных в водной среде. Разработано множество различных гидроакустических приборов и систем для задач навигации и связи, поиска и обнаружения подводных объектов, картографирования морского дна и ледовой поверхности. Эффективное использование этих средств требует учёта условий распространения акустических волн, в первую очередь профиля вертикального распределения скорости звука (ВРСЗ). Учёт изменчивости ВРСЗ по трассе и в точках приёма и передачи позволяет оценивать ожидаемые уровни и время прихода сигналов, вносить коррективы в процедуры обработки, планировать расположение антенн. Для небольших расстояний возможно использование контактных средств измерения скорости звука, в случае протяжённых трасс определить ВРСЗ одновременно в нескольких точках становится затруднительным. В этом случае вместо непосред-

ственных измерений используют оценочные значения, получаемые на основе ранее собранных данных.

За годы изучения Мирового Океана, были накоплены значительные массивы океанографической информации. За сбор и систематизацию отвечают национальные и ведомственные океанографические центры данных такие как, например, национальный центр океанографических данных при национальном управлении исследований океана и атмосферы (NODC NOAA) в США, центр океанографических данных (ЦОД) всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ). Океанографические измерения, поступающие в эти центры, проверяются на наличие ошибок и выбросов и затем заносятся в специализированные базы данных. В дальнейшем эти массивы данных могут проходить статистический анализ и обобщение для формирования климатических моделей океанологических полей.

Среди таких моделей наиболее известен Всемирный Океанографический Атлас (Boyer [1]). Он содержит значения температуры, солёности, содержания растворённого кислорода, фосфатов, силикатов и нитратов осреднённые (по годам, сезонам и месяцам) в узлах одноградусной регулярной сетки ($0,25^\circ$ для температуры и солёности). Атлас доступен для скачивания и может быть использован бесплатно для выполнения любого рода исследований в области климата и океанографии. Также доступные региональные климатические модели для отдельных районов Мирового океана: Северная Атлантика, Арктика, Мексиканский залив, Восточно-Китайское, Японское и Жёлтое моря. Аналогичная статистическая модель для полей температуры и солёности используется военно-морским флотом США (Carnes [2]). Российским аналогом зарубежных баз данных может служить ЕСИМО – Единая Система Информации о Мировом Океане (Положение [3]), в состав которой входят данные различных ведомственных и научных центров.

Для построения климатических моделей океанографических полей используются различные математические алгоритмы: оптимальная интерполяция, метод эмпирически-ортогональных функций, кластерный анализ. В большинстве случаев данные аппроксимируются на регулярную сетку. Несколько иной подход используется при построении вероятностно-статистической модели ВРСЗ (Петухов [4]): исследуемая акватория разбивается на типичные районы и сезоны, для каждого из которых выделяются

характерные кривые с определённой степенью вероятности, что позволяет снизить размер готовой модели. При наличии нескольких равновероятных профилей ВРСЗ, выбор одного из них может быть выполнен на основе экспертной оценки или с использованием нейронных сетей.

Прогнозные профили ВРСЗ могут использоваться для расчёта дальности действия гидроакустических средств, оценки ожидаемой эффективности систем подводного мониторинга, планирования мест установки приборов звукоподводной связи. Наиболее часто для расчётов используются волновые либо лучевые модели. Волновые модели используются для низких рабочих частот (менее сотен герц) и основаны на численных решениях волнового уравнения гидроакустики, например с помощью параболических уравнений, Smith [5]. Лучевые модели вычисляют приближенное решение и применяются для звукового диапазона частот, Porter [6]. Для учёта отражения от дна к расчётным модулям и климатическим моделям могут подключаться базы данных по рельефу дна. В совокупности эти компоненты позволяют выполнять моделирование акустического канала распространения в автоматическом режиме, Guerra [7].

В зависимости от используемых климатических моделей, прогнозируемые кривые ВРСЗ могут отличаться, соответственно будут отличаться и результаты расчётов. Основным критерием оценки их точности выступают натурные данными распространения сигнала по акустической трассе. В данной работе проведено сравнение профилей ВРСЗ с измеренными в Японском море (Безответных [8]), выполнены расчёты потерь на распространение по лучевой и волновой моделям на основе прогнозных и фактических значений скорости звука.

Литература

1. Boyer, T.P., Antonov, J.I., Baranova, O.K., Coleman, C., Garcia, H.E., Grodsky, A., Johnson, D.R., Locarnini, R.A., Mishonov, A.V., O'Brien, T.D., Paver, C.R., Reagan, J.R., Seidov, D., Smolyar, I.V. & Zweng, M.M., World Ocean Database 2013, NOAA Atlas NESDIS 72, NOAA: Silver Spring, 209 pp., 2013.

2. Carnes, M.R., Description and Evaluation of GDEM-V 3.0, Naval Research Laboratory: Stennis Space Center, 21 pp, 2009.

3. Положение о единой государственной системе информации об обстановке в мировом океане: утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 29.12.2005 г. №836: в ред. постановления Правительства Рос.

Федерации от 10.03.2009 г. №219 // Собр. законодательства Рос. Федерации. – №12, ст. 1429, 2009.

4. Петухов, В.И., Проблемы создания информационно-аналитической системы мониторинга гидролого-акустической обстановки в океане. Информационные технологии, **9**, с. 31–33, 1998.

5. Smith, K.B. & Tappert, F.D., UMPE: the university of Miami parabolic equation model, version 1.0, Marine Physical Laboratory Technical Memo 432, 96 pp., 1993.

6. Porter, M.B., The BELLHOP manual and users guide: preliminary draft, Heat, light and sound research, Inc.: La Jolla, CA, USA, 57 pp., 2011.

7. Guerra, F., Casari, P. & Zorzi, M., World ocean simulation system (WOSS): A simulation tool for underwater networks with realistic propagation modeling. Proc. of the 4th ACM International Workshop on UnderWater Networks, WUWNet '09, ACM: New York, NY, USA, pp. 4:1–4:8, 2009.

8. Безответных, В.В., Буренин, А.В., Моргунов, Ю.Н., Половинка, Ю.А., Экспериментальные исследования особенностей распространения импульсных сигналов из шельфа в глубокое море. Акустический журнал, 55(3), с. 374–380, 2009

*A. Rodionov, A. Scherbatyuk, A. Kiryanov, P. Unru (А.Ю. Родионов,
А.Ф. Щербатюк, А.В. Курьянов, П.П. Унру)*

FEFU, Vladivostok

**UNDERWATER ACOUSTIC COMMUNICATION SYSTEM
FOR AUV/ASV NAVIGATION AND CONTROL: DEVELOPMENT
OF FM-DBPSK MODULATION METHOD (ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ
СИСТЕМА СВЯЗИ ДЛЯ ГРУППОВОЙ НАВИГАЦИИ
И УПРАВЛЕНИЯ АНПА/АНВА: РАЗРАБОТКА МЕТОДА МОДУ-
ЛЯЦИИ FM-DBPSK)**

Аннотация

Для подводных сетей передачи данных характерны низкие скорости информационного обмена, существенные временные задержки, а также необходимость выделения дополнительного времени на оценку параметров ГА канала и на повторные запросы данных при неверном приеме

предыдущих пакетов информации. Это приводит к необходимости разработки алгоритмов, априорно устойчивых к различным типам помех. Другим важным требованием, предъявляемым к современным подводным сетям, является возможность включения в их работу автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) и обеспечения их групповой навигации и контроля. В работе предложен алгоритм с дифференциальным кодированием символов OFDM и дополнительной частотной модуляцией (FM-OFDM-DBPSK), пригодный для работы в вышеописанных ГА сетях, и представлены результаты подледных экспериментов в мелком море на дистанциях до 3.5 км.

Подводные акустические каналы, признаются одними из самых сложных каналов связи, используемых сегодня. Худшие свойства физических каналов связи объединены в подводном гидроакустическом канале. Распространение гидроакустического сигнала лучше всего происходит на низких частотах, и соответственно пропускная способность подобных каналов крайне ограничена. Звук распространяется под водой на скорости 1,5 км/с, что приводит к существенным задержкам в передаче информации. Распространение происходит в канале по нескольким путям от передатчика до приемника, и величина задержки лучей друг относительно друга может составлять сотни миллисекунд и более, что приводит к избирательным потерям сигнала на разных частотах полосы пропускания [1,2]. Доплеровские сдвиги частот для отдельных лучей, вызванные геометрической нестабильностью канала связи (волнение моря, движение, подводные течения), требуют адаптивной корректировки в системе связи, либо сама система должна быть малочувствительной к подобным возмущениям. Также для мелкого моря и прибрежных акваторий характерны значительные по амплитуде импульсные помехи, занимающие обширный частотный диапазон [3].

Одними из важнейших параметров для первичной настройки подводной сенсорной сети являются – мощность излучения сигнала в каждой точке сети, время реверберации в канале связи и место расположения станций с учетом гидрологии местности. Для увеличения быстродействия и надежности многоточечной подводной сети связи необходимо использовать методы обработки сигналов, априорно устойчивые к различным типам помех и искажений. Также необходимо допускать включение в ра-

боту сети подвижных надводных и подводных объектов (АНПА, АНВА, суда обеспечения и т.п.). Для обеспечения навигации АНПА, с помощью подводной сети необходимо использование сигналов с высокой разрешающей способностью во временной области.

Основными разработчиками информационно-измерительных комплексов регистрации гидроакустических сигналов занимаются научно-исследовательские и промышленные организации. Информационно-измерительные комплексы разных производителей обладают сходными техническими параметрами и отличаются лишь различной технологией (методами обработки сигналов и элементной базой) и типом приёмопередающих элементов (гидроакустических преобразователей). Тем не менее, в алгоритмах обработки сигналов остаются нерешенными вопросы сочетания высокой скорости передачи информации с высокой энергетической эффективностью в условиях многолучевого нестационарного канала связи.

При разработке алгоритма для определения основных характеристик физического протокола ГА сети между двумя узлами, принималась дальность связи равная средней дальности современных модемов (около 3-4 км). Также по расчетным параметрам выполняется оценка для потенциальной точности позиционирования сигналов во временной области, используемых для синхронизации в системе передачи данных и навигации АНПА.

Обеспечение навигации АНПА, синхронизация приемника и передатчика для значительных дистанций распространения сигнала выполняются с помощью шумоподобных синхронизирующих кодов, обладающих ярко выраженной автокорреляционной функцией (АКФ) с минимальным уровнем боковых лепестков. Для подобных решений подходят бинарные последовательности, найденные численным методом, длиной 28,42,45,51 элемент с боковыми лепестками функции автокорреляции 2,3,3,3 соответственно.

Для сигналов информационного гидроакустического обмена в сети предлагается использовать методы, показывающие нечувствительность к амплитудным и медленным фазовым искажениям, являющиеся характерными для ГА канала. Для выбора алгоритма модуляции и обработки передаваемого сигнала важным является степень устойчивости режима к нелинейным искажениям при усилении на передающей стороне и при амплитудном ограничении на приемнике. При автономной работе модемов классы нелинейного усиления передаваемых сигналов являются предпочтительными, ввиду высокой энергетической эффективности подобных

усилителей. Этим требованиям может удовлетворять метод с ортогональным частотным уплотнением в комбинации с дополнительной частотной модуляцией.

Для анализа помехоустойчивости FM-OFDM-DBPSK оценивалась вероятность ошибки сигнала в условиях АБГШ. Также рассматривалась работа FM демодулятора по предложенному алгоритму в условиях частотно-селективных замираний сигнала.

Использование дополнительной межсимвольной дифференциальной фазовой манипуляции DBPSK в FM-OFDM позволяет на приемной стороне интегрировать энергию всех многолучевых компонент на символьном интервале OFDM, при условии, что длительность двух символов OFDM в совокупности с защитными интервалами не превышает время когерентности ГА канала.

Эффективность разработанного метода была оценена с помощью серии экспериментальных исследований, каждое из которых было направлено на определение применимости метода к различным условиям его возможной эксплуатации, включая мелководные акватории с высоким уровнем реверберации и акватории с высоким уровнем биологических шумов. Также, учитывая возможность использования ГАСС в условиях Арктики, были проведены эксперименты в акваториях с ледовым покровом.

В первую очередь был проведен ряд тестов в лабораторных. Эксперименты выполнялись в специализированном гидроакустическом бассейне (глубина 5 м, длина 12 м, стенки бассейна выполнены из резинового покрытия) и были направлены на определение диаграмм направленности используемых гидроакустических антенн и параметров передающего и приемного трактов. С другой стороны, тесты в неспециализированном бассейне с плиточным керамическим покрытием помогли оценить работоспособность разработанного метода в условиях сильной реверберации, и при относительном движении передающей и приемной антенн.

Основная часть экспериментов была проведена зимой 2016 г. вблизи острова Русский в следующих условиях: глубина – 5-12 м (дальность от 400 м до 3,5 км, илистое дно, толщина ледового покрова – 70-80 см.

Параметры использованной системы связи были следующими: центральная частота – 27 кГц, полоса частот – от 24 до 32 кГц, количество поднесущих $N = 64$, класс усиления мощности – В (возможна модернизация усилителя до класса D), излучаемое звуковое давление – 465 Па, глу-

бина погружения передающей и приемной антенн – 3 м, ориентация антенн в пространстве – вертикальная, диаграмма направленности в горизонтальной плоскости – круговая.

Данные эксперименты были направлены на определение энергетических характеристик системы, на определение уровней BER при заданных скоростях пропускной способности канала связи, времени реверберации ГА среды передачи и максимально достижимой дальности передачи в данных условиях.

Методика проведения эксперимента предусматривала циклическую передачу информационных пакетов в гидроакустический канал без использования помехоустойчивого кодирования в формате: синхронизирующая преамбула длиной 29 элементов – информационный пакет, промодулированный с помощью FM-OFDM-DBPSK. Значение защитного интервала равное 16 мс было определено в процессе начальных испытаний разработанного метода летом 2015 года в акватории залива Петра Великого. Для защиты от импульсных помех биологического происхождения, присутствие которых было зафиксировано в принятых сигналах во время начальных испытаний, в приемном тракте было применялось амплитудное ограничение сигнала.

В результате проведенных подледных экспериментов были получены зависимости BER от дистанции передачи для разработанного метода при пропускной способности 2 кбит/с. Стоит отметить, что выбранная величина защитного интервала оказалась избыточной, так как реальное время реверберации не превышало 5 мс в различных точках приема сигнала в бухте и изменялось незначительно по мере увеличения дальности передачи от 400 м до 3.5 км. Это значит, что потенциально скорость передачи данных могла быть увеличена до 3 кбит/с при эквивалентных уровнях BER. Определение времени реверберации для подледного ГА канала было осуществлено на основе оценки откликов коррелятора на синхронизирующую преамбулу (28-ми элементный код).

Разработанный метод показывает приемлемый уровень BER на дистанции вплоть до 2000 м, даже в отсутствии помехоустойчивого кодирования. Полученные значения BER в первую очередь обусловлены частотно-селективным замиранием отдельных поднесущих в спектре сигнала. Также свой вклад вносят нелинейные искажения принятого сигнала при появлении отраженных компонент на входе приемника, которые могут

быть скомпенсированы дополнительными методами коррекции OFDM сигнала на передающей и приемной стороне.

Таким образом, в данной работе представлен разработанный метод цифровой модуляции для систем гидроакустической связи, пригодный для осуществления групповой навигации и управления АНПА/АНВА, а также результаты проведенных экспериментов и их анализ. Предложенный метод признан перспективным благодаря возможности усиления классов В и D, а также ограничения сигнала на приемной стороне для устранения импульсных шумов животного происхождения. В перспективе метод может быть усовершенствован с помощью использования техник коррекции нелинейных искажений для устранения последствий многолучевого распространения.

Данная работа была поддержана Российским научным фондом, проект №16-19-00038.

Литература

1. Borisenko, K.P. Automation systems and technical tools of shipboard equipment. Book 1. Underwater acoustic complex of surface vessels / K.P. Borisenko, V.B. Mitko // Moscow: Science, 2010. – P. 205.
2. P. van Walree, Multicarrier spread spectrum for covert acoustic communications / P. van Walree, E. Sangfelt, and G. Leus // Oceans 2008. – Vol. 1–4. – pp. 264–271.
3. Chitre, M. Underwater Acoustic Communications and Networking: Recent Advances and Future Challenges [Текст] / M. Chitre, S. Shahabodeen, M. Stojanovic // Marine Technology Society Journal. – Sterrett Place, Columbia, USA: Marine Technology Society, 2008. – Vol. 42, No. 1. - P. 103-116.

Sacile R.1, Bersani C.1, E.M. Zheldak 2

¹University of Genova, Genoa, Italy

²FEFU, Vladivostok, Russian Federation

OPTIMAL PLACEMENT OF UNDERWATER BUOYS FOR OIL SPILL MONITORING

Abstract

Arctic oil exploration and development is associated with sufficient risks of accidents that could lead to environment pollution. Existing systems of oil spill monitoring can't work under solid ice cover. As a solution, autonomous environment monitoring system consisting of underwater buoys can be deployed. Development of such system arise the problem of determining the number and the location of one or more kind of sensors with the aim of covering all the region of interest with minimal cost. In this paper, a sensor placement problem has been formalized. The proposed model defines the optimal location of two different kinds of buoys: one with monitoring and communication functions and another one with only communication. The optimal location model has the objective to realize the monitoring system minimizing the implementation costs and maximizing the performance of the pollution detection monitoring under the constraints related to the minimum distance from one buoy to its nearest one and to a minimum threshold value of information quality on the overall monitored region.

Hydrocarbons are one of the most valuable natural resources. They may be considered as a "blood" of economy, which heat our homes and drive the turbines and engines. However, their usage is not limited to energy: hydrocarbons are then turned into fuels, explosives, plastics, rubber, chemicals, lubricants, solvents and fibers that consumers can use. Despite the promise of alternative energy sources, oil and gas will continue to be essential to humanity. This growing demand for resources combined with a gradual depletion of the existing deposits, leads to constant exploration and development of new ones.

Offshore oil exploration and production is one of the main trends of last decades. Underwater drilling is a high-tech process that sometimes can be compared in complexity to space technologies. Although the effort spent on ensuring the safety of production, inherent risks of accidents that could lead to environmental pollution still exist. Oil spills or release of process fluid in the

sea areas, often, leads to significant environmental damage due to the transport of pollutants over long distances. The development of Arctic oil deposits is complicated by the presence of ice cover. It hardens the manufacturing operations, improves technological risks and complicates environmental monitoring. The release of oil under the ice represents one of the main risk in Arctic exploitation. Recent works revealed that in case of releases underneath sea ice the oil is highly mobile and spreads for vast distances, and in many cases across international boundaries, Blanken 0.

To reduce the environmental damage it is important to detect and localize spills early. Oil spill monitoring constitutes an important component of oil spill disaster prevention. Different sensors technologies for oil spill detection are currently available: local (optical, lidar, fluorometers) installed on the oil platforms and remote, utilizing optical and radar technologies (Fingas 0). There is continuous development of new automated systems, such as autonomous unmanned vehicles (AUV, Niu 0) and drifting buoys, deployed in a case of spill (Moroni 0) or installed at stationary locations. In Arctic region, the presence of sea ice cover makes difficult using of conventional monitoring technologies. Remote sensing systems does not allow to “see” through the ice and detect thin oil slicks. AUVs and gliders has limited autonomy. In this case deployment of monitoring system on a base of autonomous underwater buoys may be the solution (Khan 0), Figure 1. Such buoys can be connected through acoustic channel forming an underwater wireless sensor network (UWSN). The buoys can be equipped both with conventional oceanographic and fluorometric sensors and with hydroacoustic equipment for monitoring currents and detecting oil under ice cover (Wilkinson 0).

Besides technical challenges to implement a UWSN, the main issue is related to the optimal location to place the sensor nodes. If a single source of possible pollution deployment exists, the monitoring platform can be placed directly over the source of the contamination. However, in the most cases, for example if the monitoring site is far from shore and covered with ice most time of the year, we need to monitor a most vast region and to eliminate the risk of false alarm. So additional sensors must be placed. Moreover, additional platforms around the sources can help to monitor propagation of pollution, which helps to plan its elimination. Additional requirements associated to the water flows in site of interest need to be considered for the sensor nodes allocation. Besides the sensor nodes must be connected between neighbors, so

they could exchange information and retransmit it to the end-user via some gateway node. Increasing the number of elements of the system leads to reducing the risk of false detection or missing pollution but, at the same time, causes a growth of manufacturing, deployment and service costs. In simple cases choice of optimal quantity and positions of nodes can be figured using experts estimations, based on oceanographic conditions and spatial variability of possible contaminant (Kiryanov 0).

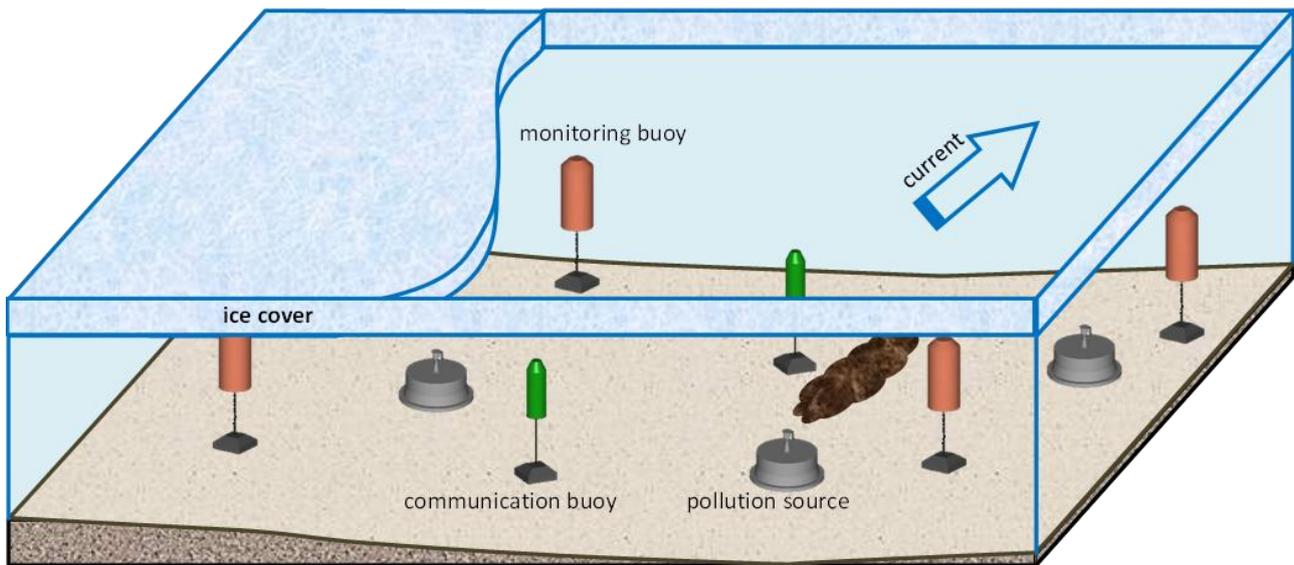


Fig. 1. Scheme of the monitoring system

If we have more than one possible source of pollution, task of placing the elements of the observation network gets more complicated. Different sources can be placed near each other or by some distance and have different strength. Speed and direction of current flow in monitoring area can varies from season to season. Sensor nodes can be placed on some regular grid, but this solution will greatly increase overall cost of monitoring system. The monitoring system has to be developed taking into account the tradeoff between the implementation costs and the system performances in respect with constraints associated to acceptable level of false detection or thresholds for potential environment damages.

This problem is referred to in literature as the sensor placement problem (SPP) 0. The problem of designing a wired or a wireless sensor network to cover, monitor and/or control a region of interest has been widely treated in literature and it could be referred to an optimal coverage problem. In this context, optimization models are solved to plan weather radar network (Minciardi 0), to define the optimal location of tsunami detection buoys (Groen

0) and for optimal deployment of wireless sensor networks for air pollution monitoring (Boubrima 0).

In this paper, a sensor placement problem for underwater autonomous buoys for marine environmental monitoring has been formalized. The proposed model defines the optimal location of two different kinds of buoys in order to implement an underwater environment monitoring system. The model considers two types of technology: buoy with monitoring and communication functions and buoy with only communication equipment. The optimal location model has the objective to realize the monitoring system minimizing the implementation costs and maximizing the performance of the pollution detection monitoring under the constraints related to the minimum distance from one buoy to its nearest one and to a minimum threshold value of information quality on the overall monitored region.

References

1. Blanken, H., Tremblay, B., Gaskin, S. & Slavin, A., A numerical risk assessment for spills from oil and gas activity around the Arctic Ocean basin. E-proceedings of the 36th IAHR World Congress, IAHR: The Hague, 2015. http://app.iahr2015.info/programma_details/3953
2. Fingas, M. & Brown, C., Review of oil spill remote sensing. *Marine Pollution Bulletin*, **83(1)**, pp. 9–23, 2014.
3. Niu, H., Adams, S., Lee, K., Husain, T., & Bose, N., Applications of autonomous underwater vehicles in offshore petroleum industry environmental effects monitoring. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, **48(5)**, pp. 12–15, 2009.
4. Moroni, D., Pieri, G., Salvetti, O., Tampucci, M., Domenici C. & Tonacci, A., Sensorized buoy for oil spill early detection. *Proc. of MTS/IEEE OCEANS 2015*, IEEE: Genoa, pp. 1–5, 2015.
5. Khan, A. & Jenkins, L., Undersea wireless sensor network for ocean pollution prevention. *Proc. of the 3rd Int. Conf. on Communication*, IEEE: Bangalore, pp. 2–8, 2008.
6. Wilkinson, J.P., Boyd, T., Hagen, B., Maksym, T., Pegau, S., Roman, C., Singh, H. & Zabilansky, L., Detection and quantification of oil under sea ice: the view from below, *Cold Regions Science and Technology*, 109, pp. 9–17, 2015.
7. Kiryanov, A.V., Petukhov, V.I., Zheldak, E.M. & Dmitriev I.A., Spotting and measurement rate selection for subsystems of self-contained

ecology monitoring in offshore zone. Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal), Special Issue, **3**, pp. 99–111, 2013, (in Russian).

8. Sterle, C., Sforza, A., Amideo, A.E., Piccolo, C.: A unified solving approach for two and three dimensional coverage problems in sensor networks. *Optim. Lett.* 1–23 (2016). doi:10.1007/s11590-016-1014-8

9. Minciardi, R., Sacile, R. & Siccardi, F., Optimal planning of a weather radar network. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 20(9), pp. 1251–1263, 2003.

10. Groen, L., Botten, L. & Blazek, K., Optimising the location of tsunami detection buoys and sea-level monitors in the Indian Ocean. *International Journal of Operational Research*, **8(2)**, pp. 174–188, 2010.

11. Boubrima, A., Matigot, F., Bechkit, W., Rivano, H. & Ruas, A., Optimal deployment of wireless sensor networks for air pollution monitoring. *Proc. of the 24th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)*, IEEE: Las Vegas, pp. 1–7, 2015.

G. Shestopalov (Г.А. Шестопалов)

FEFU, Vladivostok

THE METHOD OF LEADING AUV TO A SONAR BEACON USING FUZZY LOGIC WITH HYDROACOUSTIC INFORMATION IN A VERY NOISY ENVIRONMENT (МЕТОД ПРИВЕДЕНИЯ АНПА К ГИДРОАКУСТИЧЕСКОМУ МАЯКУ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИЛЬНО ЗАШУМЛЕННОЙ СРЕДЕ)

Аннотация

Статья посвящена задаче приведения автономного необитаемого подводного аппарата к гидроакустическому маяку в средней зоне на основе гидроакустической информации. Основной задачей работы ставилось улучшение уровня надежности приведения подводного аппарата к целевому объекту. Используются алгоритмы нечеткой логики и варьирование поведения подводного аппарата в зависимости от дистанции до объекта. Дополнительно, к полученным от гидроакустического маяка данным при-

меняются методы медианной фильтрации. Алгоритм успешно протестирован в условиях сильного зашумления сторонними сигналами, в том числе схожими с целевым сигналом.

Множество различных задач (охрана морских и прибрежных акваторий, поиск и обследование затонувших объектов, экологический мониторинг акватории и пр.), решаемых при помощи Автономных Необитаемых Подводных Аппаратов (АНПА) требует их длительного нахождения в зоне выполнения миссии без связи с базовой станцией. Время работы АНПА серьезно ограничено современными возможностями батарей (порядка двух-трех часов) и подразумевает частую замену либо зарядку батарей. Для обеспечения возможности непрерывной работы подводного аппарата без прерывания выполняемой миссии, АНПА должен обладать возможностью надежно приводиться к устройству подзарядки – донной станции – оснащенной гидроакустическими маяками.

В настоящее время используются несколько различных способов приведения АНПА к донной станции [1-3].

В работе [1] рассматривается алгоритм приведения АНПА к донной доковой станции с использованием нечеткой логики. Донная станция оснащена одним гидроакустическим маяком. Известно, как располагается донная станция, а область вокруг станции поделена на зоны с заданными относительными углами и скоростями.

В [2] рассматривается система приведения к донной станции: АНПА оснащается гидроакустической системой с ультракороткой базой, доплеровским лагом и инерционно-измерительным устройством. Выход на донную станцию осуществляется при помощи УКБ, с корректировкой скорости и местоположения на основе данных, получаемых от доплеровского лага.

Приведение АНПА к заданному объекту осуществляется, как правило, в несколько этапов:

1. Приведение в дальней зоне. Радиус дальней зоны может сильно различаться от нескольких десятков километров до величин порядка одного километра;

2. Приведение в средней зоне. Радиус средней зоны находится в диапазоне от сотен метров до десяти метров;

3. Приведение в ближней зоне. Ближняя зона определяется дистанцией, на которой становится возможной визуальная идентификация объекта.

Приведение к заданному объекту в дальней зоне осуществляется при помощи приема сигнала от гидроакустического маяка, расположенного на донной станции, подводным аппаратом. На основе этого сигнала вычисляется дистанция и направление на объект. Приведение в средней зоне осуществляется с помощью методов пеленгации гидроакустического маяка при помощи многоэлементных антенн, установленных на АНПА. Общепринятой практикой является использование многоэлементных антенн с ультракороткой базой, реже с короткой базой. Приведение в ближней зоне практически всегда осуществляется с использованием систем компьютерного зрения. На донной станции устанавливаются хорошо различимые искусственные маркеры, поиск которых осуществляется на изображении.

В данной работе предлагается алгоритм автоматического приведения автономного необитаемого подводного аппарата из средней зоны к гидроакустическому маяку с использованием гидроакустической информации и примерного направления на гидроакустический маяк.

Алгоритм разработан для использования на малогабаритных подводных аппаратах и не требует наличия дорогостоящей аппаратуры, такой как доплеровский лаг или гидроакустический модем. На аппарате установлено инерционно-измерительное устройство, датчик глубины и многоэлементная короткобазная принимающая антенна. Предполагается, что известно примерное направление на гидроакустический маяк.

АНПА принимает сигналы от гидроакустического маяка либо в течение некоторого промежутка времени, либо до тех пор, пока не будет принято достаточное количество сигналов. Затем, подводный аппарат применяет медианную фильтрацию на полученные сигналы, вычисляет курс и дистанцию на итоговый сигнал. Но АНПА не выходит на вычисленный курс, а находит область, в которой находится полученный курс, используя нечеткую логику и карту курсов, которые строятся относительно известного направления на гидроакустический маяк.

До тех пор, пока гидроакустический маяк находится на дальних дистанциях от АНПА - в экспериментах дальняя дистанция составляла приблизительно 3 метра - используется фильтрация и нечеткая логика для приведения к гидроакустическому маяку. Но, как только аппарат оказывается на дистанциях менее, чем три метра от донной станции, то перестает использоваться фильтрация и методы нечеткой логики в целях обеспече-

ния мгновенного реагирования подводного аппарата на изменение направления и расстояния до объекта.

Алгоритм был протестирован в условиях сильного зашумления и наличия множества сигналов, похожих на сигнал, излучаемый целевым гидроакустическим маяком. В рамках проведенных экспериментов АНПА показал высокую устойчивость к помехам и высокий уровень надежности работы алгоритма – подводный аппарат стабильно выходил к гидроакустическому маяку.

Литература

1. Ken Teo, Benjamin Goh, and Oh Kwee Chai, Fuzzy Docking Guidance Using Augmented Navigation System on an AUV // IEEE JOURNAL OF OCEANIC ENGINEERING, VOL. 40, NO. 2, APRIL 2015
2. Allen B., Austin T., Forrester N., Goldsborough R., Kukulya A., Packard G., Purcell M., Stokey R. Autonomous Docking Demonstrations with Enhanced REMUS Technology // Proceedings of the MTS/IEEE OCEANS 2006 Conference, Boston, MA, USA, September 2006.
3. Goede G. M., Norris D. Recovering Unmanned Undersea Vehicles With a Homing and Docking Sonar // Proceedings of the MTS/IEEE OCEANS 2005 Conference, Washington, D.C., USA, September 2005.

L. Statsenko, A. Chusov, Yu. Mirgorodskaya (Л.Г. Стаценко, А.А. Чусов, Ю.В. Миргородская)

FEFU, Vladivostok

HIGH-PERFORMANCE COMPUTER MODELING IN THE ANALYSIS OF PHYSICAL FIELDS (ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ АНАЛИЗЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ)

Аннотация

Основное внимание в работе было уделено экспериментальным исследованиям разработанного экспериментального образца системы моделирования (ЭО СМ). Эти исследования были направлены на измерение времени моделирования, а также адекватности его результатов. Эксперименты показали, что эти два основных показателя эффективности системы

определялись в большей степени параметрами предметной области, нежели управляющими параметрами предметно-независимой подсистемы ЭО СМ. Это связано с низкой состязательностью логических процессов при использовании разделяемых ресурсов балансирующего нагрузки подсистемы управления, а также деревьев данных банка данных и подсистемы безопасности. Результаты являются результатами измерения эффективности ЭО СМ при моделировании поля в предметной области «Архитектурная акустика» и «Гидроакустика».

Для повышения экономической эффективности проектирования, разработок и выбора оптимальных технических решений в самых разных отраслях промышленности таких, как самолетостроение, автомобилестроение, судостроение, подводная техника, атомная энергетика и пр., используется высокопроизводительное компьютерное моделирование, эффективность которого, в свою очередь, определяется количеством входных параметров, описывающих модель, системной сложностью реализации системы моделирования и вычислительной сложностью процесса моделирования.

Снижение вычислительной сложности модельных экспериментов высвобождает определенное количество времени, которое можно использовать для повышения адекватности модели принципиальным усложнением методов моделирования, определяемых для конкретной предметной области, которой принадлежит исследуемая в процессе моделирования проблема, например, учет компонентов объекта моделирования, которыми пренебрегалось ранее. Очевидно, что совершенствование средства моделирования в этом направлении требует участия специалистов соответствующей предметной области и не может быть определено при разработке проблемно-независимых компонентов средства моделирования, в отличие от количества вычислительных временных и пространственных ресурсов, предоставляемых компонентами, обеспечивающими обслуживание проблемно-ориентированных моделирующих подсистем [1].

Актуальной является проблема переноса, разработки и реализации различных программно-алгоритмических решений на относительно новые параллельные вычислительные платформы, реализуемые совершенно разными архитектурами. Высокопроизводительные суперкомпьютеры основаны на использовании высокой степени параллелизма, обеспечиваемого,

прежде всего, использованием распределенных по сети вычислителей (наборов вычислителей), графических мультипроцессоров, симметричных многопроцессорных систем. При этом скорость этих суперЭВМ оценивается как количество элементарных операций, проводимых всем набором параллельных вычислителей, над числами с плавающей точкой за единицу времени [2, 3].

В настоящем проекте рассматривается новый подход к проектированию и реализации системы проблемно-независимых компонентов, обслуживающих набор распределенных моделирующих систем, предоставляя средства поддержки разработчика проблемно-ориентированных систем моделирования. При этом эта система ориентирована, во-первых, на обслуживание набора систем параллельного-распределенного моделирования различных физических полей в одной вычислительной среде, во-вторых, на использование вычислительных ресурсов, управление которыми осуществляется обслуживающими подсистемами, для параллельного выполнения компонентов модельного эксперимента, выделяемых при проектировании подсистем предметной области.

В данном проекте впервые ставится задача создать максимально детализировано, без привязки к конкретной предметной области описать архитектуру системы моделирования и анализа физических полей, реализовать набор проблемно-независимых подсистем, предоставляющих средства поддержки разработчика моделирующих подсистем, в совокупности с которыми предметно-независимые подсистемы образуют программно-аппаратный комплекс, реализующий средство для моделирования и анализа физических полей конкретных предметных областей. При этом архитектура системы моделирования в целом ориентирована на работу в параллельных и распределенных средах с тем, чтобы повысить эффективность системы моделирования по заданным показателям – времени и стоимости моделирования, адекватности результатов моделирования реальному объекту, системной сложности и цене законченной системы моделирования.

В результате выполнения работ были реализованы основные компоненты экспериментального образца системы моделирования на основе сформулированных требований. Полученная реализация, требующая дальнейшей оптимизации, позволяет выполнять моделирование физических полей в предметных областях, таких как «Архитектурная акустика» и «Гидроакустика». Для этого на текущем этапе были сформулированы ма-

тематические и расчетные модели физических полей в этих предметных областях и выполнена предварительная реализация моделирования в предметной области «Архитектурная акустика».

При этом в терминах системы моделирования на настоящем этапе подробно анализировалась проблема параллельного и распределенного доступа к разделяемым данным, требуемым при выполнении моделирования. Рассматривалась возможная реализация доступа к таким данным, при этом сформулирована логическая модель доступа, а далее детально рассмотрена и реализована синхронизация этого доступа. В частности, реализована параллельно-распределенная синхронизация доступа «читающий-пишущий» к иерархической модели хранения данных, введена вероятностная модель алгоритма с блокирующей синхронизацией потоков выполнения.

На основе этой модели разработан метод оценки временных издержек, связанных с синхронизацией и состязательностью потоков при заведении объектом блокирующей синхронизации. Проведены эксперименты, демонстрирующие адекватность получаемой при этом оценки на ряде программно-аппаратных платформ.

В процессе работы выполнены экспериментальные исследования разработанного экспериментального образца системы моделирования. Целью проведенных исследований являлась экспериментальная оценка эффективности образца по показателям времени и адекватности моделирования физического поля в предметных областях «Гидроакустика» и «Архитектурная акустика». Показана адекватность моделирования при выбранных значениях управляющих параметров экземпляра подсистемы предметной области, которые в достаточной степени ограничивают время выполнения экспоненциальной задачи сверху. В процессе реализации ЭО СМ (как предметно-независимой, так и предметно-ориентированных подсистем) была обеспечена эффективность распределения вычислительной нагрузки между параллельными (в т.ч. распределенными) процессорными ядрами. Обеспечена масштабируемость при низком времени простоя. Масштабируемость косвенно подтверждается гиперболической зависимостью времени выполнения моделирования от числа используемых процессоров.

Литература

1. Chusov, A.A. Applying high-performance computing to conducting experiments on sound propagation / A.A. Chusov, L.G. Statsenko, Yu.V. Mirgorodskaya // Proceedings of Meetings on Acoustics, 2015. - Vol.24, Issue 1. - #070011.

2. Чусов А.А. Гибкая архитектура для параллельного анализа и визуализации физических полей / А.А. Чусов. - автореферат диссертации на соискание уч. степ. дис...к. т. н: 05.13.11. – Владивосток, 2012. – 24 с.

3. Савенков К.О. Масштабирование дискретно-событийных имитационных моделей: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 05.13.11: защищена 26.10.07 / Савенков Константин Олегович – М., 2007. – 110 с.

I. Styopochkin 1, Yu. Shambarova 2 (И.Е. Стёпочкин 1, Ю.В. Шамбарова 2)

¹Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy;

²Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok

**THE CAPABILITIES OF USING GEOSTATIONARY OCEAN COLOR IMAGER (GOCI) TO ASSESS THE ECOLOGICAL STATUS OF THE COASTAL WATERS OF THE SEA OF JAPAN
(ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОСТАЦИОНАРНОГО СКАНЕРА ЦВЕТА ОКЕАНА GOCI ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ЯПОНСКОГО МОРЯ)**

Аннотация

Представлена разработка универсального метода построения квазианалитической биооптической модели для оценки состояния фитопланктонных сообществ и прогнозирования экологической обстановки в морских водах второго типа, как правило подверженных сильному антропогенному воздействию. В работе используются данные геостационарного спутникового сканера цвета океана GOCI, а также судовые экспедиционные данные.

В последние десятилетия было показано, что фитопланктон выделяет около 50% кислорода и поглощает примерно столько же диоксида углерода из атмосферы на Земле, то есть является таким же важным климатообразующим фактором, как и все наземные растения [1,10]. При этом фитопланктон меняет свою популяцию за недели, в отличие от наземных растений, которым требуются годы и десятилетия. Таким образом, фитопланктонные сообщества с одной стороны могут быстро приспосабливаться к изменениям окружающей среды, вызванных природными или ан-

тропогенными процессами, а с другой стороны могут быть хорошим индикатором происходящих изменений. Важно получить численные оценки того, как различные природные и антропогенные процессы влияют на фитопланктон, и как сам фитопланктон влияет на другие системы. Это поможет в разработке более точных и полноценных климатических моделей, и будет полезно при развитии систем глобального экологического мониторинга. Последнее особенно актуально для Японского моря в связи с активным развитием Азиатско-Тихоокеанского региона, возросла антропогенная нагрузка – строятся портовые сооружения, нефтяные терминалы, прибрежные зоны используются для сброса сточных вод, промышленных работ, происходит перенос индустриального аэрозоля из промышленных районов Китая и Кореи. В Японском море увеличивается количество зарегистрированных «красных приливов» в прибрежных водах, что также связывается с деятельностью человека [2].

Пожалуй, самым оперативным методом изучения фитопланктонных сообществ и растворенных органических веществ в море является пассивное оптическое зондирование цвета морской поверхности. Содержание в морской воде фитопланктона, окрашенных растворенных органических веществ (ОРОВ), детритов, взвешенного вещества определяют изменчивость светового поля, распространяющегося под водой, и восходящее от морской поверхности излучение в видимом спектральном диапазоне. Содержание фитопланктона и ОРОВ в морской воде является одним из основных факторов, определяющих изменчивость регистрируемого сигнала [3].

Методы пассивного зондирования восходящего излучения морской поверхности в видимом диапазоне получили широкое распространение в последние десятилетия. Они реализованы на различных платформах: наземное стационарное базирование, морские платформы (плавучие буи, суда), авиа-носители, искусственные спутники Земли (ИСЗ). Разумеется, наибольший пространственный охват обеспечивает зондирование со сканеров, установленных на ИСЗ, которое позволяет проводить оперативные измерения на синоптических и глобальных масштабах. Анализ временной и пространственной динамики соотношений концентраций хлорофилла – «а» и ОРОВ позволяет оценить состояние фитопланктонного сообщества в той или иной акватории и сделать выводы относительно ее подверженности антропогенному воздействию, спрогнозировать дальнейшее развитие климатической ситуации.

Процедура восстановления концентраций оптически-активных компонентов (ОАК) морской воды проводится с помощью биооптических алгоритмов, которые делятся на два основных класса: эмпирические, в которых используются экспериментально установленные соотношения между коэффициентами яркости моря на определенных длинах волн и концентрациями ОАК морской воды, и полуаналитические, где спектральное распределение коэффициента яркости моря представлено функцией показателей рассеяния и поглощения ОАК в исследуемой акватории, а также некими другими параметрами. У обоих подходов есть свои преимущества и недостатки. При использовании эмпирических алгоритмов возникают существенные ошибки при смене соотношений между концентрациями хлорофилла-«а» и ОРОВ. Поэтому необходимо проведение большого количества измерений эталонными контактными методами для накопления достаточной статистики и построения алгоритмов для различных районов и сезонов. Далее необходимо проводить их регулярную валидацию. У полуаналитических моделей (например, Carder, Garver-Siegel-Maritorene (gsm-алгоритм), Lee, QAA [5-7]) минусы состоят в большей чувствительности к ошибкам атмосферной коррекции, необходимости больших вычислительных ресурсов и неустойчивости задачи, что может привести к кардинально ошибочному решению. Тем не менее, полуаналитический подход является более перспективным. Его ошибки можно с легкостью уменьшить, используя региональные эмпирические соотношения для корректировки начальных и граничных условий модели.

В отличие от зондирования вод первого оптического типа, к которым относятся открытые акватории океана, для прибрежных вод второго типа, ввиду сложности их оптических свойств, требуется гораздо большее пространственное разрешение (не более 500 м) и большее количество спектральных каналов. Не менее важным аспектом является частота получения данных с одного и того же региона (в идеале, несколько раз в сутки). Существующие сканеры цвета океана, установленные на низкоорбитальных ИСЗ (MODISAqua, MODISTerra, VIIRS, LandSat), не удовлетворяют этим условиям [9]. В 2010 году Корейским институтом океанических исследований (The Korea Ocean Research and Development Institute) запущен первый сканер цвета морской поверхности GOCI, который установлен на квази-геостационарном спутнике COMS [10]. Данные сканера находятся в открытом доступе с 2011 г. Сканер позволяет делать 8 сним-

ков в день над акваториями Японского и Восточно-Китайского морей с охватом территории 2500x2500 км и пространственным разрешением 500 м. Данный подход позволит исследовать суточный ход измеряемых параметров и уменьшить влияние эффекта облачности за счет создания композитных суточных снимков. Кроме этого, совместное использование спутниковых и регулярных подспутниковых судовых измерений позволяет расширить возможности спутникового зондирования цвета океана, проводить атмосферную коррекцию получаемых данных и интерполировать точечные комплексные подспутниковые измерения на большие площади. Еще одним преимуществом геостационарных измерений является примерное постоянство географической привязки пикселей спутникового снимка.

Используемые подходы

Задача данной работы – разработать универсальную процедуру, которая позволит при наличии небольшой статистики натурных измерений в определенном регионе и вне зависимости от оптического типа вод, создать полуаналитическую модель оценки состояния фитопланктонных сообществ из данных геостационарных сканеров цвета моря. Это даст возможность провести классификацию фитопланктонных сообществ с целью мониторинга экологического состояния и климатических изменений водных акваторий. Для решения поставленной задачи предлагается использовать данные геостационарного спутникового сканера цвета морской поверхности GOCI, а также судовых измерений во время экспедиций в прибрежных акваториях Японского моря. Будут подобраны необходимые спектральные диапазоны для наиболее эффективного разделения вкладов фитопланктона, ОРОВ и взвешенных веществ в цвет моря с помощью эмпирических биооптических алгоритмов [1]. Кроме этого будут опробованы общеизвестные полуаналитические модели, где коэффициент яркости моря представлен функциями коэффициентов поглощения и рассеяния света, заданными через концентрацию хлорофилла-а, коэффициент поглощения ОРОВ, концентрацию взвешенных веществ. В работе использованы следующие подходы:

1. Измерения глубинных профилей температуры, солёности, давления морской воды, концентрации хлорофилла-«а» и ОРОВ, ФАР (фотосинтетически-активная радиация), коэффициентов обратного рассеяния

света во время стоянок судна, а также использование данных, полученных с автоматических плавучих буев ARGO и Bio-Argo.

2. Пассивное гиперспектральное оптическое зондирование восходящего излучения моря в соответствии с протоколами NASA (метод 2) [2] с борта судна, как на ходу, так и во время стоянок.

3. Гиперспектральная флуориметрия морской воды по ходу движения судна с использованием проточного флуориметра LF-3 (разработка ИАПУ ДВО РАН). Восстановление интенсивности флуоресценции хлорофилла-«а» и растворенного органического вещества (РОВ) из спектров флуоресценции морской воды. Также будет проводиться регулярный отбор проб воды для калибровки данного прибора с использованием лабораторного флуориметра Varian Cary Eclipse.

4. Измерения (ФАР) над морской поверхностью по ходу движения судна.

5. Пассивное зондирование цвета морской поверхности спутниковым сканером цвета океана GOCI.

6. Определение концентрации хлорофилла-«а» стандартными методами (ГОСТ 17.1.4.02-90)

В результате проведенной работы предполагается получить универсальный метод построения полуаналитической биооптической модели, которая позволит восстанавливать концентрации хлорофилла-«а» и окрашенных растворенных органических веществ, оценивать состояние фитопланктонных сообществ и проводить их классификацию. Новизна предполагаемых результатов заключается в том, что:

- Данный метод универсален и может быть применен к любым акваториям Мирового океана.

- В разработке используются данные сканера цвета морской воды, расположенного на геостационарном спутнике. Сканер позволяет делать 8 снимков в день над акваториями Японского моря. Данный подход позволит исследовать суточный ход измеряемых параметров, использовать особенности формирования цвета морской поверхности при различных уровнях солнечной освещенности, и/или уменьшить влияние эффекта облачности за счет создания композитных суточных снимков.

Представленное исследование было поддержано грантом РФФИ 16-35-00416 мол_а на 2016-2017 г. г.

Литература

1. Александров С.В., Горбунова Ю.А.. Продукция фитопланктона и содержания хлорофилла в эстуариях различного типа // Вестник БФУ им. И. Канта . 2012. №1.
2. Ishizaka J. et al. Satellite detection of red tide in Ariake Sound, 1998–2001 //Journal of Oceanography. – 2006. – Т. 62. – №. 1. – С. 37-45.
3. Шифрин К. С. Введение в оптику океана. – 1983.
4. IOCCG (2000). Remote Sensing of Ocean Colour in Coastal, and Other Optically-Complex, Waters. Sathyendranath, S. (ed.), Reports of the International Ocean-Colour Coordinating Group, No. 3, IOCCG, Dartmouth, Canada.
5. Kendall L., Carder, F., Chen R., Lee Z., Hawes S.K. and Cannizzaro J.P. Case 2 Chlorophyll-a // MODIS Algorithm Theoretical Basis Document. 2003. 19. P. 1-67.
6. Maritorena S., Siegel D.A. and Peterson A.R. Optimization of a semianalytical ocean color model for global-scale applications // Applied Optics. 2002. V. 41. P. 2705-2714.
7. Lee Z.P., Carder K.L., Peacock T.G., Davis C.O., Mueller J.I. Method to derive ocean absorption coefficients from remote-sensing reflectance // Applied Optics. 1996. V. 35, № 3. P. 453-462.
8. IOCCG (2012). Ocean-Colour Observations from a Geostationary Orbit. Antoine, D. (ed.), Reports of the International Ocean-Colour Coordinating Group, No. 12, IOCCG, Dartmouth, Canada.
9. http://www.ioccg.org/sensors/GOCI_AO.pdf
10. Falkowski P. G. The ocean's invisible forest //Scientific American. – 2002. – Т. 287. – №. 2. – С. 38-45.
11. Романкевич Е.А. Геохимия органического вещества в океане. М.: Наука, 1977. 256 с.
12. Тихий океан /Под ред. О.К. Леонтьева. М.: Мысль, 1982. 316 с.

*A. Yakimenko, M. Serous, V. Sergeeva, Ya. Bliovskaya (А.Л. Якименко,
М.И. Сероус, В.С. Сергеева, Я.Ю. Блиновская)*

**Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy,
Vladivostok**

MICROPLASTICS IN THE COASTAL-MARINE ENVIRONMENT OF THE SOUTHERN RUSSIAN FAR EAST (МИКРОПЛАСТИК В ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ СРЕДЕ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА)

Аннотация

В статье рассматривается проблема загрязнения микропластиком прибрежно-морской среды юга Дальневосточного региона. Микропластик наносит существенный вред не морским обитателям и птицам, которые принимают частицы пластика за пищу и погибают. На сегодняшний день это наиболее распространенный тип морского мусора, который интенсивно накапливается в наземной и водной среде. Начиная с 2014 года, эта проблема системно изучается Морским государственным университетом им. адм. Г.И. Невельского.

Пластик – весьма полезный и недорогой материал, активно используемый как в быту, так и промышленном производстве. Однако, наряду его очевидными плюсами, есть не менее значимые минусы. Как показывают исследования, за последние годы загрязнение Мирового океана пластиком достигли таких масштабов, что этот материал уже стал частью рациона морских обитателей, а, попадая, в конечном итоге, в организм человека. Одно из наиболее ярких проявлений этого воздействия является гибель рыбы и птиц [1].

Так, например, в результате исследований японских химиков за тридцатилетний период было установлено, что пластик, который традиционно считается достаточно устойчивым загрязнителем окружающей среды, способен относительно быстро разлагаться в океане. В рамках исследования пластиковые образцы подвергались воздействию естественных океанических условий, в частности, смены температуры и гидродинамики. В ходе исследования им удалось установить, что, например, полистирол начинает разлагаться уже примерно через год (рис.1). Кроме этого исследователям удалось определить, что при разложении пластика в воду выделяется большое количество вредных соединений, влияющих на эндокринную систему и приводящие к онкологическим заболеваниям, среди которых бисфенол А, полимеры и циркулирующий водород.



Рис. 1. Загрязнение пластиком акватории

Установлено, что пластиковый мусор оказывает негативное влияние на морскую экосистему. Особенно это связано с биогеохимическими процессами, происходящими с пластиком в морских акваториях. Гидролиз, фотолиз и микробиологические окислительно-восстановительные реакции разрушают полимерную основу пластика, тем самым более активно подвергая его выветриванию и деформациям [2]. Как показывает практика, основное количество пластика попадает в акваторию со сточными и поверхностными водами, а также с пляжей и судов. Процесс разрушения пластика в морских акваториях занимает время от нескольких месяцев до нескольких лет. Также, отмечается увеличение количества фрагментированных полимеров, что приводит к образованию частиц различной размерности, включая микроскопические (рис.2). Эти элементы пластика, порой невидимые для человеческого глаза, имеющие размерность до 5 мм, и носят название микропластик [3].

Существуют два основных процесса, приводящих к образованию микропластика: непосредственное попадание в морскую среду (скрабы и другие косметические средства и т.п.) и выветривание более крупного мусора в морской и прибрежной среде (рыболовные снасти, буи, более крупный пластиковый мусор и т.п.).

В настоящее время повсеместно специалисты проводят работу по изучению и мониторингу микропластика в морской среде. Например, японские ученые Катсухико Сайда и Хидето Сато, отобрав пробы воды и песка в 200 точках, принадлежащих 20 странам мира, обнаружили там значимые концентрации бисфенола А, составляющие от 0,01 до 50 мил-

лионных долей. Также исследованием микропластика занимаются ученые разных стран (Франция, Англия, США и другие) [4].

Таким образом, можно прийти к выводу, что микропластик представляют собой существенную угрозу морской среде. И это без учета того, что физическое накопление пластиковых частиц в организмах морских обитателей приводит к нарушению пищеварительного процесса и последующей их гибели. Очевидно, что проблема микропластика требует дальнейшего и детального изучения. Особенно это касается прибрежно-морских Российской Федерации. Исследования здесь пока носят эпизодический характер, вместе с тем первые попытки системного наблюдения за микропластиком в прибрежных водах предприняты в акваториях Амурского и Уссурийского заливов (Японское море).



Рис.2. Пластиковые частицы

Начиная с 2014 года, изучением данного вопроса занимается Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского. Взятые весной 2016 года пробы морской воды в различных районах г. Владивостока и Приморского края снова подтвердили присутствие микропластика в водах пролива Босфора Восточного и бухты Золотой Рог.

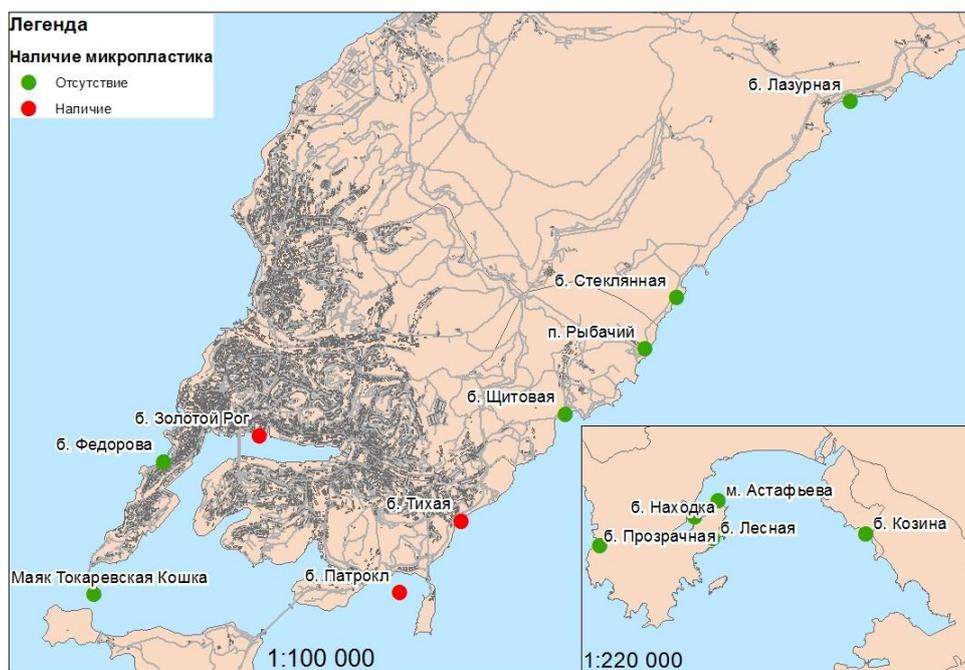


Рис.3. Пункты мониторинга микропластика в литоральной зоне

Ежегодно расширяется география исследований. И если в 2014 году проведены наблюдения только в акваториях, омывающих Владивосток, то в 2015 году образцы были взяты в п. Безверхово (Хасанский район), м. Астафьева, б. Рицца, (г. Находка) (рис.3) и б. Триозерье (Партизанский район). С мая по август, ежемесячно, в данных точках производился забор воды. Предполагается очередное расширение границ исследования, включающее не только морские, но и пресноводные водоемы. Так, в мае 2016 года впервые взяты пробы воды и грунта в реках Амур и Уссури.

Данные эксперименты показывают только физическую реакцию, и поэтому говорить о результате как об окончательных еще рано. Дальнейшим шагом является физико-химическое исследование найденных образцов, а также изучение микропластика с точки зрения токсичности и биохимических последствий в долгосрочной перспективе.

Литература

1. Казмирук В.Д., Казмирук Т.Н. Об определении микропластика в донных отложениях// Материалы научной конференции с международным участием «Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод». Часть 2. Ростов-на-Дону, 8-10 сентября 2015 г. С. 18-22.

2. Козловский Н.В., Блиновская Я.Ю. Микропластик – макропроблема мирового океана // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10-1. – С. 159-162;

3. Высоцкая М.В. Оценка факторов экологической безопасности при организации морской рекреации в Приморском крае / М.В. Высоцкая, В.Э. Охоткина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. - №. 4. – С. 85-89.

4. Пластиковый мусор разлагается в океане до ядовитых соединений: [Электронный ресурс]// Информационное агентство «ХимОнлайн». 2010. URL: http://www.himonline.ru/news/?cat_id=1&id=171273 (Дата обращения: 22.11.2015).

A. Varenikova, M. Laguta (А.Ю. Вареникова, М.В. Лагута)

**Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, electronics,
and Equipment Engineering, Taganrog**

**MONITORING OF COASTAL OCEAN AREAS BY NONLINEAR
ACOUSTIC TOMOGRAPHY (МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ
ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН ОКЕАНА МЕТОДОМ НЕЛИНЕЙНОЙ
АКУСТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ)**

Аннотация

Мониторинг состояния прибрежных, шельфовых зон морей является важной задачей не только в целях экологического мониторинга, но и разведки полезных ископаемых и других нужд человечества. Применяемые методы акустической томографии требуют повышения информативности получаемых данных. Обсуждаются возможные пути совершенствования акустической томографии прибрежных зон для более полного исследования состояния морских территорий. Предлагается использование принципов нелинейной томографии, основанных на подходе Римана и Иршноу.

Исследование физических характеристик океанов, морей, обнаружение естественных и антропогенных объектов и наблюдение за ними с помощью средств и методов гидроакустики являются неотъемлемой со-

ставляющей группы методов, предназначенных для дистанционного изучения Мирового океана.

Методы изучения свойств океанских и морских акваторий, заключающиеся в непосредственном измерении физических характеристик и требующие большой трудоёмкости и финансовых затрат, все чаще заменяются менее дорогостоящими аналогами [1].

Одним из наиболее перспективных и информативных методов наблюдения за состоянием водных территорий является акустическая томография. Так как мировой океан характеризуется многообразием неоднородностей, турбулентных и ламинарных течений, слоёв солёности, выделяют несколько видов методов реконструкции характеристик изучаемых территорий. К ним относятся лучевая, модовая и интерференционная томографии, предназначенные для мезо- и мелкомасштабных реконструкций параметров, дифракционная, доплеровская томография, методы, основанные на двухмасштабных решениях, применяются для исследования вертикальной структуры дна. Акустическая томография с использованием большого числа внешних источников и эмиссионная томография позволяют определить конфигурацию течений, скорости и потоков и других параметров. Несмотря на сложности, связанные с вычислительными процессами, применение томографических методов восстановления характеристик дает возможность получить информацию о структуре исследуемых морских зон и об объектах малых размеров в большом объеме пространства [2].

В последнее время актуальной становится проблема повышения информативности и разрешающей способности методов исследования. Решение этих проблем многие ученые видят в разработке и развитии принципов нелинейной томографии. Методы, используемые для восстановления распределения нелинейных характеристик, основаны на лучевом приближении, второй гармонике или сигнале комбинационной частоты, но обладают ограниченной разрешающей способностью.

Наиболее значимым проявлением нелинейных эффектов, зависящим от свойств среды, является искажение профиля акустической волны, что приводит к появлению на некотором расстоянии точки разрыва изначального профиля.

С математической точки зрения образование искаженного профиля соответствует нахождению точек производной функции $\omega\tau = F(V/V_0)$, равных нулю. Для исследования влияния квадратичных нелинейных членов в

необходимо получить скорости распространения акустической волны, учитывая число Маха во второй степени. Учет же членов кубического и более высоких порядков по числу Маха не представляется возможным: изменение энтропии имеет третий порядок малости по числу Маха [4].

Для акустических сред характерны квадратичная нелинейность и дисперсия, поэтому распространение осесимметричного волнового пучка вдоль оси x можно описать эволюционным уравнением:

$$\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\varepsilon}{c_0^3 \rho_0} p \frac{\partial p}{\partial \tau} = \hat{L}p + \frac{c_0}{2} \Delta_{\perp} \int p d\tau, \quad (1)$$

$P(x, r, \tau)$ – поле акустического давления, ρ_0 – плотность, ε – параметр нелинейности среды. За искажением временного профиля удобно наблюдать, двигаясь вместе с волной со скоростью звука c_0 : $\tau = t - (x/c_0)$. Поперечные координаты r , по которым берется лапласиан Δ_{\perp} , вводятся в сечении пучка, ортогональном к оси x . Линейный оператор $\hat{L}p$ описывает эффекты частотно-зависимого поглощения и дисперсии.

Поскольку процессы поглощения, дифракции и дисперсии конкурируют с нелинейными эффектами, поведение волны зависит от соотношения соответствующих характерных длин волн x_{nl} , $x_{дф}$, $x_{дс}$ и нелинейной длины x_n . Для диагностических целей наиболее важными и интересными являются случаи, когда сильнее выражены процессы нелинейности. Поэтому расстояние x_n , на котором проявляются нелинейные эффекты, будем считать малым по сравнению с другими характерными расстояниями.

Для изучения процессов распространения волн будем использовать математическое описание на основе уравнения Бюргерса:

$$\frac{\partial p'}{\partial z} - \frac{\varepsilon}{c_0^3 \rho_0} p' \frac{\partial p'}{\partial \tau} = \frac{b}{2c_0^3 \rho_0} \frac{\partial^2 p'}{\partial \tau^2} \quad (2)$$

$$p = p(x, \tau) = \rho_0 c_0 U, \hat{L} = (b/2c_0^3 \rho_0) \partial^2 / \partial \tau^2, U - \text{колебательная скорость}$$

При возбуждении исходного гармонического сигнала на частоте ω в среде без дисперсии происходит синхронная генерация высших гармоник, профиль $U(\tau)$ прогрессивно искажается с увеличением расстояния x , проходящего волной вплоть до образования крутых ударных фронтов.

При больших значениях числа Рейнольдса ($Re \gg 1$) форма волны меняется так же, как и в случае идеальной жидкости. Для наблюдения за эволюцией профиля волны воспользуемся уравнением простых волн, которое можно получить из уравнения Бюргерса:

$$\frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\varepsilon}{c_0^2} U \frac{\partial U}{\partial \tau} = 0 \quad (3)$$

Используя разложение и подход Римана и Иршноу (4), получим выражение (5), позволяющее проанализировать влияние на деформацию профиля акустической волны нелинейных членов второго, третьего и высших порядков[5].

$$\frac{v}{v_0} = \sin\left(\omega\tau + \frac{N_1 v_0 \omega x}{c_0^2} + \frac{N_2 v_0^2 \omega x}{c_0^3}\right), \quad (4)$$

$$\omega\tau = \arcsin \frac{v}{v_0} - \sigma_1 \left(\frac{v}{v_0}\right) - \sigma_2 \left(\frac{v}{v_0}\right)^2, \quad (5)$$

где $\sigma_1 = N_1 \frac{v_0 \omega x}{c_0^2}$, $\sigma_2 = N_2 \frac{v_0^2 \omega x}{c_0^3}$, $N_1 = \frac{B}{2A} + 1$, $N_2 = \frac{C}{4A} - \frac{B^2}{2A^2} + \frac{B}{2A} + \frac{1}{2}$, σ_1 – параметр, характеризующий квадратичную нелинейность, σ_2 – параметр, характеризующий кубическую нелинейность.

Разброс значений нелинейного параметра у однородной среды будет свидетельствовать о присутствующих неоднородностях и включениях в структуре морской среды. Если сравнить между собой отклонения линейных и нелинейных параметров, то мы увидим, что: относительное изменение линейных параметров составляет 3,8 %, в тоже время для нелинейного параметра этот разброс от 9 до 20 %.

Данный подход к изучению процессов динамики искажения профиля волны вследствие влияния нелинейных параметров второго и высшего порядков позволяет получить новые показатели, имеющие более высокую информативность по сравнению с данными, получаемыми существующими методами томографии прибрежных зон. В свою очередь это позволит проводить более качественный экологический мониторинг, прокладывать безопасные пути для морских судов, строить подводные системы коммуникаций, создать новые системы мониторинга прибрежных территорий для обнаружения неоднородностей и иных объектов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-07-00374.

Литература

1. И.Б. Есипов, С.П. Тарасов, В.Л. Чулков. Параметрическая гидроакустическая антенна – перспективный инструмент для мониторинга океана на протяженных трассах.//Фундаментальная и прикладная гидрофизика, 2014, т.7, №2, с. 46-57.
2. Филонин О.В. Общий курс компьютерной томографии. Самара: Изд-во Самарского науч. центра РАН, 2012, 407 с.

3. Руденко О.В. Нелинейные пилообразные волны. Успехи физических наук, 1995, т.165, №9
4. Руденко О.В., Солуян С.Н. Теоретические основы нелинейной акустики. ГРФМЛ, Изд-во Наука, 1975.
5. Заграй Н.П. Нелинейные взаимодействия в слоистых и неоднородных средах // Монография, Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998, 433 с.

A. Voloschenko, S. Tarasov, S. Chernov (А.П. Волощенко, С.П. Тарасов, Н.Н. Чернов)

**Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, electronics,
and Equipment Engineering, Taganrog**

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE TRANSMISSION OF ACOUSTIC
INHOMOGENEOUS PLANE WAVES FROM THE OCEAN INTO
THE ATMOSPHERE (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ПРОХОЖДЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНЫХ ПЛОСКИХ
ВОЛН ИЗ ОКЕАНА В АТМОСФЕРУ)**

Аннотация

В работе приведены результаты экспериментальных исследований прохождения акустических волн звукового диапазона через границу раздела вода воздух. Кратко описаны условия и методики проведения лабораторных экспериментов в гидроакустическом бассейне. Показано, что при расположении сферического источника на расстоянии меньше длины волны от границы раздела сред, происходит существенное увеличение коэффициента прохождения звукового давления из воды в воздух. Этот эффект можно объяснить влиянием неоднородных плоских волн. Кратко изложены возможные практические применения исследуемого эффекта: для передачи информации от подводного носителя к летательному аппарату по акустическому каналу связи и для мониторинга подводной сейсмической активности и предсказания землетрясений.

Вопросы взаимосвязи акустических полей в водной и воздушной средах являются одними из ключевых в акустике и актуальны как для

фундаментальных, так и для прикладных задач. Основные теоретические и экспериментальные исследования прохождения звука через границу раздела, сосредотачивались на изучении акустического поля в воде, которое образуется в результате действия воздушных источников. Теоретическому изучению формирования акустического поля в воздухе в результате действия подводных источников, уделялось гораздо меньше внимания [1-6]. Еще меньше внимания уделялось экспериментальным исследованиям данного вопроса [5]. Это связано с тем, что согласно широко распространенному и общепринятому мнению, прохождение акустического давления через границу раздела вода-воздух крайне мало и определяется только соотношением акустических импедансов соприкасающихся сред. Эти утверждения опираются на анализ падения, отражения и прохождения плоских волн в рамках лучевой теории для точечного источника звука. Однако, лучевая теория, представляя частный случай волновой теории, не применима на расстояниях меньше длины волны от источника звука, при рассмотрении прохождения из воды в воздух сферической или цилиндрической акустических волн [1,7]. Поэтому для изучения прохождения акустических волн через границу раздела вода-воздух, при расположении источника на расстоянии меньше длины волны от границы раздела сред, была проведена серия экспериментов.

Основная задача экспериментов заключалась в изучении акустического поля в воздухе, образовавшегося в результате прохождения волн звукового диапазона (1-20 кГц) от сферического источника через границу раздела вода-воздух. В ходе экспериментов были проведены измерения зависимости коэффициента прохождения по давлению сферических акустических волн через плоскую границу раздела вода-воздух от частоты излучения источника, от глубины расположения источника относительно рассматриваемой границы и от волновых размеров источника.

Коэффициент прохождения сферической волны определяется как отношение амплитуд звуковых давлений в определенной точке при наличии и при отсутствии границы раздела сред

$$A_p = 20 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right),$$

где p_0 – значение амплитуды звукового давления в точке при отсутствии границы раздела сред, p – значение амплитуды звукового давления в той же точке при наличии границы раздела сред.

Согласно теоретическим расчетам, изложенным в [1, 4], степень влияния неоднородных плоских волн на коэффициент прохождения по давлению сферических акустических волн через границу раздела вода-воздух зависит от частоты излучения источника f , кГц; глубины его расположения относительно рассматриваемой границы H , м; расстояния между акустической осью излучателя и микрофоном L , м.

На рис. 1 представлена экспериментальная зависимость коэффициента прохождения от частоты излучения источника. Излучатель расположен на глубине 0,01 м, расстояние между акустической осью излучателя и микрофоном равно 0,5 м, излучаемые источником частоты, лежат в диапазоне от 1 до 20 кГц. Экспериментально полученные значения обозначены точками. Сплошная линия – результат усреднения экспериментальных данных. Расчетная погрешность измерений составляет 3,9-5,5 %.

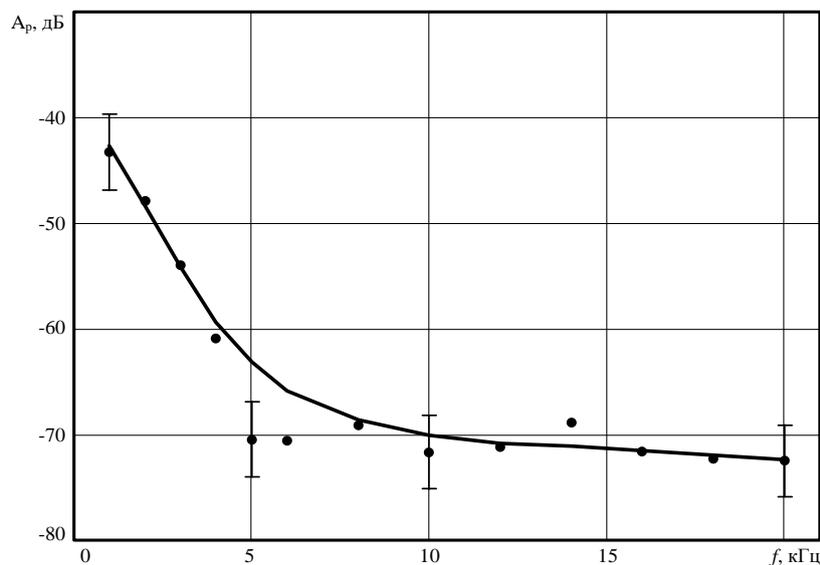


Рис. 1. Зависимость коэффициента прохождения через границу раздела вода-воздух от частоты излучения источника

Как видно из рисунка 1, коэффициент прохождения обладает зависимостью от частоты излучения источника. Чем ниже частота излучения, тем большее значение акустического давления передается из воды в воздух. К примеру, на частоте 1 кГц коэффициент прохождения равен -43 дБ, что на 29 дБ превышает значение, прогнозируемое с помощью лучевой теории (-72 дБ). Данное явление обусловлено тем, что со снижением частоты, происходит усиление воздействия неоднородных плоских волн на акустическое поле в воздухе. На частоте 5 кГц и ниже, вклад неоднородных плоских волн начинает доминировать. Данное утверждение легко

подтвердить, подробно изучив сигнал, измеряемый микрофоном в рассматриваемой точке поля. Путь распространения неоднородной плоской волны от источника к приемнику отличается от пути, проходимого однородной плоской волной, распространяющейся по законам геометрической акустики. Также скорость распространения неоднородной плоской волны всегда меньше скорости распространения однородной плоской волны в воде [1]. Два данных фактора позволяют разделить во времени однородную и неоднородную плоские волны.

Явление возрастания прохождения сферических акустических волн низкочастотного диапазона через границу вода-воздух, при расположении источника на расстоянии меньше длины волны от границы раздела сред может найти применение в целом ряде прикладных задач.

Во-первых, полученные, в ходе исследования, данные позволяют использовать гидроакустический канал связи для коммуникации подводных носителей с летательными аппаратами. В настоящее время, основные способы передачи информации от подводного носителя к летательному аппарату связаны с непосредственным всплытием подводного носителя для использования радиоантенн УКВ или КВ диапазонов, или же применении радиогидроакустического буя, который может быть сброшен с летательного аппарата или же выпущен с подводного носителя [8]. Новый способ передачи информации от подводного носителя к летательному аппарату может дополнить и улучшить существующие системы связи [9].

Во-вторых, не менее важная область возможного применения изучаемого явления связана с мониторингом подводной сейсмической активности. Сейсмоакустические способы и средства предсказания и регистрации подводных землетрясений основаны на приеме и анализе Р, S и Т типов волн. Их эффективность определяется физическими параметрами сред распространения волн [10]. В то же время инфразвуковое поле в воздухе, формируемое в результате подводной сейсмической активности, мало изучено и не используется для мониторинга и предсказания землетрясений. Заполнить этот пробел можно посредством применения групп беспилотных летательных аппаратов над исследуемым районом. Достаточно малый уровень собственных шумов беспилотных летательных аппаратов не должен оказывать значительного влияния на расположенные на нем низкочастотные звукоприемники. Неоспоримым преимуществом данного способа мониторинга является его мобильность и относительная дешевиз-

на. Способ мониторинга подводной сейсмической активности, основанный на увеличении прохождения сферических акустических волн низкочастотного диапазона через границу вода-воздух, может дополнить и улучшить существующие способы, методы и системы.

Литература

1. Бреховских Л.М. Отражение и преломление сферических волн // УФН. - 1949. - Т. 38. № 1. - С. 1-42.
2. Young R.W. Sound pressure in water from source in air and vice versa // J. Acoust. Soc. Am. - 1973. - V. 53. - P. 1708-1716.
3. Chapman D.M.F. Using streamlines to visualize acoustic energy flow across boundaries // J. Acoust. Soc. Am. - 2008. - V. 124. - P. 48-56.
4. Godin, O.A. Sound transmission through water-air interfaces: new insights into an old problem // Contemporary Physics - 2008. - V. 49. - P. 105-123.
5. Calvo D.C., Nicholas M., Orris G.J. Experimental verification of enhanced sound transmission from water to air at low frequencies // J. Acoust. Soc. Am. - 2013. - V. 134. - P. 3403-3408.
6. Glushkov E.V., Glushkova N.V., Godin O.A. The effect of anomalous transparency of the water-air interface for a volumetric sound source // Acoustical Physics - 2013. - V. 59. - P. 6-15.
7. Voloshchenko A.P., Tarasov S.P. Effect of anomalous transparency of a liquid-gas interface for sound waves // Acoustical physics. 2013. V. 59. №2. P 163-169.
8. Сутягин И. Средства связи атомных подводных лодок типа «Лос-Анджелес» // Зарубежное военное обозрение. – 1995. - № 9. - С. 52-57.
9. Тарасов С.П., Волощенко А.П., Плешков А.Ю. Способ акустической связи между подводными и надводными робототехническими средствами // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. – № 11-2. – С. 169-178.
10. У Тон Иль, Таболяков А.А., Храмушин В.Н. Методические разработки прогноза сильных землетрясений гидроакустическими методами // Сборник статей // Морские исследования и технологии изучения природы Мирового океана. 2005. – Вып. 1. – С. 49-59.

*A. Voronin, V. Voronin, N. Chernov (А.В. Воронин,
В.А. Воронин, Н.Н. Чернов)*

**Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, electronics,
and Equipment Engineering, Taganrog**

**THE STUDY OF UNDERWATER SONAR SYSTEMS FOR
THE DETECTION OF AQUATIC ORGANISMS (ИССЛЕДОВАНИЕ
ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ
ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ГИДРОБИОНТОВ)**

Аннотация

В работе рассматриваются возможности поиска беспозвоночных с использованием приемных параметрических антенн локационного типа и высокочастотных гидролокаторов бокового обзора с высоким разрешением за счет применения сложных сигналов. Приемная параметрическая антенна локационного типа использует в качестве сигналов накачки отраженные от дна высокочастотные сигналы, при этом повышается дальность обнаружения, достоверность классификации и точность определения координат издающих звуки беспозвоночных. В дополнение к нему в системе предлагается использовать высокоразрешающий высокочастотный гидролокатор бокового обзора для локации расположенных на дне гидробионтов.

Ключевые слова: параметрическая антенна, излучающая антенна, приемная антенна, накачка, гидробионты, шумы, характеристики.

Введение

Задача поиска беспозвоночных достаточно сложная так как, с одной стороны объекты промысла находятся на дне, а с другой их сила рассеяния довольно мала из-за отсутствия воздушных полостей и малых размеров. Обзор литературных источников показал, что признаком объектов могут быть издаваемые ими звуки. Используя систему шумопеленгации, можно определить наличие объектов промысла и их примерное расположение, а поскольку они рассеяны в достаточной степени по дну, то истинное количество их не может быть определено этим способом.

В настоящей работе ставится задача повышения эффективности (увеличение дальности обнаружения, повышение достоверности классификации, а также точности определения пространственных координат)

поиска промысловых скоплений беспозвоночных при расширении области применения. Эта задача сводится к разработке гидроакустических систем с параметрическими излучающими и приемными антеннами. Приемная параметрическая антенна, использующая сигналы накачки излучающей антенны в качестве сигналов накачки параметрической приемной антенны, позволяет определять наличие скоплений гидробионтов по их шумовым характеристикам. В то же время параметрическая излучающая антенна с узкой, управляемой в пространстве, характеристикой направленности при практическом отсутствии боковых лепестков позволяет определить с высокой разрешающей способностью как скопления гидробионтов на дне, так и их отдельных особей. В работе рассматриваются характеристики приемной параметрической антенны, работающей в локационном режиме за счет рассеянных дном и гидробионтами сигналов накачки параметрической излучающей антенны.

Приемная параметрическая антенна локационного типа позволяет за счет нелинейного взаимодействия звуков, издаваемых объектами промысла, с отраженной от дна волной накачки определять наличие объектов и их расположение. Узкий луч приемной параметрической антенны в плоскости движения носителя позволит разрешить места нахождения объектов, а широкий, в перпендикулярной плоскости, увеличить производительность поиска [1].

Локационная приемная параметрическая антенна

Локационная приемная параметрическая антенна, предлагаемая в настоящей работе, имеет узкую характеристику направленности $(1 - 2)^\circ$ в плоскости по движению носителя и поэтому в этой плоскости разрешающая способность определяется этой величиной. В плоскости перпендикулярной движению ширина характеристики направленности определяется шириной характеристики направленности антенны накачки и длиной параметрической антенны и разрешающая способность достаточно низка (широкая характеристика направленности в вертикальной плоскости). Поэтому для определения координат, шумящих объектом необходимо использовать несколько (не менее трех) приемных антенн накачки и столько же трактов обработки и затем проводить фазовую обработку сигналов на выходе для формирования необходимой пеленгационной характеристики. В этом случае разрешающая способность параметрической приемной ан-

тенны локационного типа повышается до значений длины волны принимаемого низкочастотного сигнала.

Локационная приемная параметрическая антенна на рассеянных волнах работает следующим образом. Излучающий преобразователь накачки излучает в сторону предполагаемого направления прихода низкочастотного сигнала волну накачки с частотой f_n . Поскольку частота накачки довольно высока, то волна накачки отражается от границы раздела вода – грунт и распространяется в сторону приемной антенны накачки. Волна накачки будет взаимодействовать вследствие нелинейности среды распространения с низкочастотными сигналами с частотой F , издаваемыми гидробионтами. Результатом взаимодействия, как это было показано ранее, будут волны с комбинационными частотами $f_n \pm F$, либо изменения фазы волны накачки. Волна накачки совместно с волнами комбинационных частот, или промодулированная по фазе сигналом, принимается приемным преобразователем накачки, расположенным в одной точке пространства с излучающим преобразователем, причем приемным преобразователем накачки может быть излучающий преобразователь накачки при работе антенны в импульсном режиме.

Такое же построение приемной параметрической антенны может быть использовано и для приема низкочастотных сигналов, рассеянных заиленными объектами [1,2].

Гидролокатор бокового обзора

В дополнении к приемной параметрической антенне в систему поиска гидробионтов целесообразно включения высокочастотных гидролокаторов бокового обзора [3–5]. Гидролокатор бокового обзора, позволяющий с высокой точностью определять положения рассеивающих объектов на дне, имеет высокую разрешающую способность по дистанции и по углу из-за высокой частоты зондирующих сигналов и широкому их спектру. К примеру, гидролокатор бокового обзора серии «Неман», разработанные в ОАО «НИИП» им. Тихомирова г. Жуковский, с антенными системами, разработанными и изготовленными на предприятии ЗАО НПП «НЕЛАКС» г. Таганрог, имеет следующие характеристики:

- рабочие частоты 80 -1300 кГц;
- характеристики направленности $(0,25-2)^\circ$ - $(50-60)^\circ$;
- полоса рабочих частот не менее 20% от средней частоты.

Его характеристики позволяют с высокой точностью (до сантиметров) определять положение рассеивающих объектов в пространстве. Для устранения неоднозначностей получения координат объектов на дне разработаны модификации гидролокатора бокового обзора интерферометрического типа.

В предлагаемой системе функции излучения и приема в гидролокаторах бокового обзора совмещены с излучающими и приемными трактами параметрической приемной антенны локационного типа, что позволяет унифицировать узлы и тракты и уменьшить материальные затраты при производстве таких подсистем.

Обзор по азимуту обнаружения промысловых скоплений беспозвоночных осуществляется за счет движения носителя и бокового обзора в гидролокаторе бокового обзора и приемной параметрической антенне локационного типа. В плоскости по углу места обзор обеспечивается шириной характеристики направленности в этой плоскости и двухсторонним обзором пространства, а точность пеленгации определяется применением интерференционного метода пространственной обработки сигналов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №16-07-00374.

Список литературы

1. Воронин В.А., Кузнецов В.П., Мордвинов Б.Г., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Нелинейные и параметрические процессы в акустике океана. – Ростиздат. Ростов-на-Дону. 2007. – 448 с.
2. Воронин В.А., Воронин А.В., Тарасов С.П. Особенности характеристик приемных параметрических антенн в средах с дисперсией. В кн. Радиолокационные системы специального и гражданского назначения. 2010 – 2012/ Под ред. Белого Ю.И. – М.: Радиотехника, 2011- С. 799 – 806.
3. Воронин В.А., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Гидроакустические параметрические системы. – Ростов-на-Дону: Ростиздат. 2004. – 400 с.
4. Воронин В.А., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Применение гидроакустических систем с параметрическими антеннами в океанологических исследованиях. В кн. Нелинейная акустика в океанологии. Монография / под ред. Кузнецова В.П. – М. ФИЗМАТЛИТ, - 2010. – Дополнение, стр.183 – 254.

5. Воронин В.А., Тарасов С.П. Перспективы применения методов нелинейной акустики в технологиях гидроакустического поиска. *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2011. Т. 4. № 3. С. 78-92.

*V. Voronin, P. Pivnev, S. Tarasov (В.А. Воронин,
П.П. Пивнев, С.П. Тарасов)*

**Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, electronics,
and Equipment Engineering, Taganrog**

**BROADBAND ANTENNAE OF HYDROACOUSTIC SYSTEMS
FOR UNDERWATER OBSERVATION AND COMMUNICATION
(ШИРОКОПОЛОСНЫЕ АНТЕННЫ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ ПОДВОДНОГО НАБЛЮДЕНИЯ И СВЯЗИ)**

Аннотация

Обсуждаются особенности построения широкополосных гидроакустических антенн средств подводного наблюдения, связи и передачи данных предназначенных для установки на необитаемых подводных автономных аппаратах. Представлены результаты исследований, демонстрирующие возможность построения широкополосных антенн. Особое внимание уделено рассмотрению возможности построения широкополосных гидроакустических антенн, состоящих из разночастотных преобразователей, механически связанных по полю. Для примера приведены расчеты импедансных характеристик таких антенн. Рассчитана частотная зависимость активной составляющей полного сопротивления антенны и характеристики направленности. Сделан вывод, что, использование разночастотных преобразователей позволяет не только решить задачу построения широкополосных антенн систем передачи информации для подводного аппарата, но и обеспечить примерно одинаковую направленность антенны в широком диапазоне частот. В общем контексте рассмотрены характеристики широкополосных параметрических гидроакустических антенн, принцип действия которых основан на использовании эффекта нелинейного взаимодействия акустических волн. Приводятся результаты экспериментальных исследований амплитудно-частотных характеристик широкополосных параметрических антенн.

Современные методы решения многих задач гидроакустики, в том числе исследования характеристик морской среды, обнаружения гидрофизических и техногенных неоднородностей, наблюдения за ними и т.д., могут быть более эффективными при построении аппаратуры на принципах использования сложных широкополосных сигналов. Для подводного наблюдения с помощью сложных сигналов удастся расширить зону обнаружения, за счет увеличения дальности действия. С другой стороны, использование широкополосных сигналов позволяет существенно увеличить разрешающую способность. Что касается звукоподводной гидроакустической связи, то в этой области, при нарастающем потоке информационных данных, альтернатив широкополосным сигналам просто нет.

Наиболее сложным звеном, с точки зрения обеспечения широкой полосы пропускания, в цепи приемно-излучающих трактов гидроакустической аппаратуры подводного наблюдения и связи являются гидроакустические антенны. И если проблемы с широкополосностью приемных антенн по большей части решены, то для излучающих – этот вопрос остается актуальным. Для обеспечения эффективности излучения преобразователи, составляющие гидроакустическую антенну, как правило, представляют собой резонансную систему.

Рассмотрим построение широкополосных гидроакустических антенн, состоящих из разночастотных преобразователей, механически связанных по полю. Для передачи данных антенна должна иметь невысокую направленность и может быть выполнена в виде сектора с набором разночастотных преобразователей в одной из плоскостей.

Для наглядности в качестве примера приведены результаты расчета импедансных характеристик антенны, собранной из разночастотных преобразователей, в виде сектора. Механическая связь по полю преобразователей моделируется изменением их добротности. Рассчитывалась частотная зависимость активной составляющей полного сопротивления антенны, состоящей из связанных резонансных разночастотных преобразователей [1]. Для определенности в расчетах использовался диапазон частот с центральной частотой 30 кГц. Предполагалось, что антенна состоит из пяти отдельных пьезокерамических элементов с резонансными частотами, различающимися на 3 кГц. То есть: 24, 27, 30, 33 и 36 кГц, а активная состав-

ляющая полного сопротивления каждого пьезокерамического элемента на резонансе равна 200 Ом.

Активная составляющая полной проводимости $G(\omega)$ пьезоэлектрического элемента на частоте ω определяется по формуле:

$$G(\omega) = \frac{1}{R_w(1 + \nu^2(\omega)Q_M^2)},$$

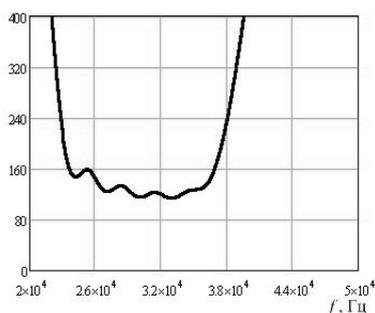
где: R_w – активная составляющая полного сопротивления пьезокерамического элемента на резонансной частоте ω_p ;

Q_M – механическая добротность сопротивления пьезокерамического элемента;

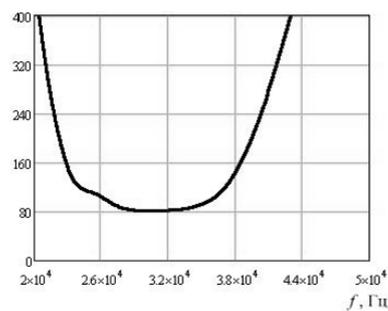
$$\nu - \text{частотная расстройка: } \nu = \left(\frac{\omega}{\omega_h} - \frac{\omega_p}{\omega} \right).$$

Поскольку разночастотные преобразователи в антенне включаются параллельно, то активная составляющая полного сопротивления связанных резонансных преобразователей будет учитывать каждую составляющую полного сопротивления преобразователей, тем самым уменьшая общее сопротивление.

На рис. 1 показана резонансная кривая активного сопротивления связанных резонансных преобразователей, состоящих из разночастотных пьезокерамических элементов с резонансными частотами 24, 27, 30, 33 и 36 кГц с добротностью $Q_M = 8$ (рис. 2а) и с добротностью $Q_M = 5$ (рис. 2б).



а) добротность $Q_M = 8$.



б) добротность $Q_M = 5$.

Рис. 1. Резонансные кривые активного сопротивления антенны, состоящей из разночастотных пьезокерамических элементов с частотами 24, 27, 30, 33 и 36 кГц.

Полоса пропускания такой антенны равна 14,5 кГц. Из рис. 1б видно, что при уменьшении добротности каждого пьезокерамического элемента ширина полосы частот активной составляющей полного сопротивления антенны увеличивается.

Таким образом, изменяя расстояние между частотами резонанса отдельных преобразователей и их добротность можно построить эффективную широкополосную антенну. При этом, антенна остается по существу резонансной с достаточно высоким коэффициентом полезного действия.

Одним из преимуществ такого способа создания широкополосных излучающих гидроакустических антенн является возможность сохранения примерно одинаковой направленности антенны во всем диапазоне частот. Поскольку в процессе активного излучения одновременно участвует ограниченное количество преобразователей, то их волновые размеры могут быть подобраны примерно одинаковыми. Соответственно, ширина характеристики направленности на всех частотах будет практически одинаковой.

Использование разночастотных преобразователей для формирования необходимой по полосе частотной характеристики, позволяет не только решить задачу построения широкополосных антенн систем передачи информации, но и обеспечить примерно одинаковую направленность антенны в широком диапазоне частот.

Другой возможностью построения широкополосных антенн является использование эффекта нелинейного взаимодействия акустических волн. Амплитудно-частотная характеристика параметрической антенны определяется эффективностью процесса нелинейного взаимодействия волн накачки в звуковом пучке на различных частотах. Величина акустического давления пропорциональна значению разностной частоты в степени 1,5-1,8 [2,3]. Параметрические антенны широкополосны по своей природе.

Одной из наиболее важных характеристик параметрической антенны является характеристика направленности. Именно благодаря высокой направленности на низких частотах, постоянной в широком диапазоне разностных частот, и отсутствию боковых лепестков в диаграмме направленности параметрические антенны находят широкое применение во многих областях гидролокации.

Используя достоинства параметрических антенн в их широкополосности и постоянстве характеристики направленности в широком диапазоне частот, можно осуществить высокое разрешение параметрического гидролокатора при большой скорости обзора и ненаправленном приеме. Этого можно добиться при излучении, так называемых, пространственно-частотных сигналов, представляющих собой сочетание внутриимпульсного сканирования параметрического луча с одновременным излучением в каждом угловом направлении ортогональных сигналов[4].

Одним из способов создания сигнала с пространственно-частотной зависимостью может быть излучение линейно-частотно-модулированных (ЛЧМ) сигналов с девиацией частоты F , длительностью T_s и прямоугольной огибающей [9-10]:

$$S_n(t) = \begin{cases} A_o \cos[\Omega_o t + \pi B(t/T_s)^2], & |t| \leq T_s/2, \\ 0 & |t| > T_s/2, \end{cases}$$

и одновременное плавное сканирование параметрического луча в пространстве таким образом, чтобы в каждом угловом направлении Θ , излучался сигнал с разностной частотой Ω_s :

$$\Omega_s = \Omega_0 \left(1 - \frac{\pi F}{\Omega_0} \cdot \frac{\Theta}{\Theta_m} \right), \quad |\Theta| \leq \Theta_m.$$

где $B=F \cdot T_s$ - база пространственно-частотного сигнала.

Использование в гидролокационных системах в качестве зондирующих импульсов пространственно-частотных сигналов приведет к тому, что эхо-сигналы, приходящие из разных направлений, будут иметь свою среднюю частоту, происходит как бы “частотное окрашивание” пространства, что даст возможность с высоким разрешением локализовать подводный объект при большой производительности поиска.

Постоянство характеристики направленности антенн в широком диапазоне частот крайне важно для многих гидроакустических систем, устанавливаемых на подводных аппаратах, в частности для гидролокатора бокового обзора. В этом случае размеры обследуемой площади, или объема среды, остаются одинаковыми на всех частотах.

В этом состоит одно из важных преимуществ рассмотренных способов создания широкополосных антенн гидроакустических систем подводного наблюдения и связи.

Литература

1. Пьезокерамические преобразователи. Справочник под ред. С.И. Пугачева. – Л.: Судостроение, 1984. – 356 с.
2. Воронин В.А., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Гидроакустические параметрические системы. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2004. – 400 с.
3. Новиков Б.К., Руденко О.В., Тимошенко В.И. Нелинейная гидроакустика. Л.: Судостроение, 1981. – 264 с.
4. Воронин В.А., Кузнецов В.П., Мордвинов Б.Г., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Нелинейные и параметрические процессы в акустике океана. Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2007. - 448 с.

СЕКЦИЯ 9. НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И НЕФТЕХИМИЯ

A.V. Ashcheulov, S.V. Nikitin (A.B. Ащеулов, С.В. Никитин)

Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

A DYNAMIC MODEL OF THE RIG WITH TOP DRIVE (ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ С СИСТЕМОЙ ВЕРХНЕГО ПРИВОДА)

Аннотация

Представлены основы и принципы построения обобщенной динамической модели буровой установки с системой верхнего привода, которая состоит из моделей отдельных механизмов и учитывает многие физические процессы, происходящие в реальном объекте. Самым сложным элементом такой системы является модель буровой колонны, имеющая множество степеней свободы.

Введение

В настоящее время широкое распространение при бурении глубоких скважин получили буровые, в том числе и мобильные, установки, основным силовым агрегатом которых является система верхнего привода. Система верхнего привода размещается на кронблоке буровой лебедки, опираясь на собственные направляющие, и служит для вращения буровой колонны, а также для выполнения ряда вспомогательных операций, связанных с манипуляциями буровыми трубами и управлением потоком буровой жидкости.

При эксплуатации этого устройства управление спуско/подъемными операциями осуществляется оператором, который вынужден постоянно следить за соблюдением технологических режимов. При бурении возникают опасные явления колебательного характера [1, 2, 3] влияющие, главным образом, на прочность и долговечность всей конструкции целиком. Решением первого вопроса может стать разработка автоматизированной системы управления буровым процессом, а второго – создание методов, позволяющих определить опасные режимы еще на стадии проектирования установки. Так как указанные задачи являются довольно сложными, их выполнение можно разбить на несколько этапов, одним из которых будет разработка адекватной математической модели машины.

Использование обобщенной динамической и математической моделей буровой установки с системой верхнего привода, реализованной в виде программного продукта, позволит определять такие важнейшие параметры как собственные частоты машины, нагрузки на ее элементы и необходимые движущие усилия, а также исследовать поведение системы в различных, даже нереальных, эксплуатационных состояниях.

Основная часть

Полная модель буровой установки с системой верхнего привода достаточно сложна, поэтому она разбивается на несколько взаимодействующих друг с другом моделей, как это показано на обобщенной структурной схеме рис.1. На схеме указаны следующие блоки-модели: УУ – устройство управления; МП – механизм подъема совместно с буровой вышкой; СВП – модель механизма вращения верхнего привода; БК – модель буровой колонны взаимодействующей с материалом ствола скважины; ЗД – модель забойного двигателя и бурового инструмента; ГР – модель грунта в забое скважины.

Модель устройства управления (УУ) призвана воспроизводить логику работы буровой установки, подавая моделям механизмов соответствующие управляющие сигналы и формируя необходимые режимные параметры, такие как давление бурового раствора, скорость опускания тальблока, моменты действия тормозов. С его помощью можно моделировать реальные системы управления механизмами подъема и системы верхнего привода, беря за основу информацию о нагруженности элементов механической части.

Все остальные блоки на обобщенной схеме являются элементами механической части установки, между которыми устанавливаются прямые и обратные взаимодействия, показанные стрелками.

В состав блоков МП, СВП и ЗД входят модели конструкций и механических устройств, таких как подъемные механизмы, двигатели различных типов, моделированию которых посвящено множество литературных источников [4, 5]. Моделирование взаимодействия грунтов с режущим инструментом в блоках ЗД и ГР основано на известных исследованиях процессов резания грунтов и бурения [6, 7, 8].

Наиболее важным элементом является модель буровой колонны [8] и ее взаимодействия со стенками скважины, на которое часто расходуется наибольшее количество энергии создаваемой приводом вращения [9].

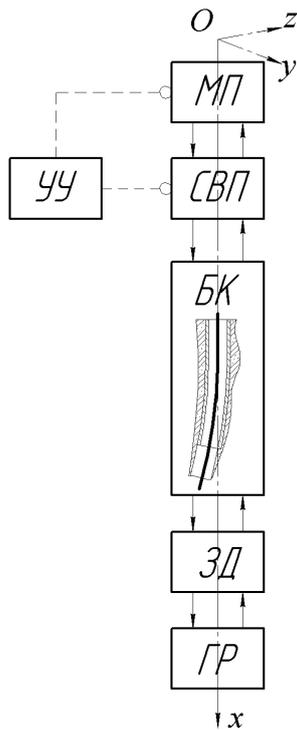


Рис. 1. Обобщенная структура модели буровой установки

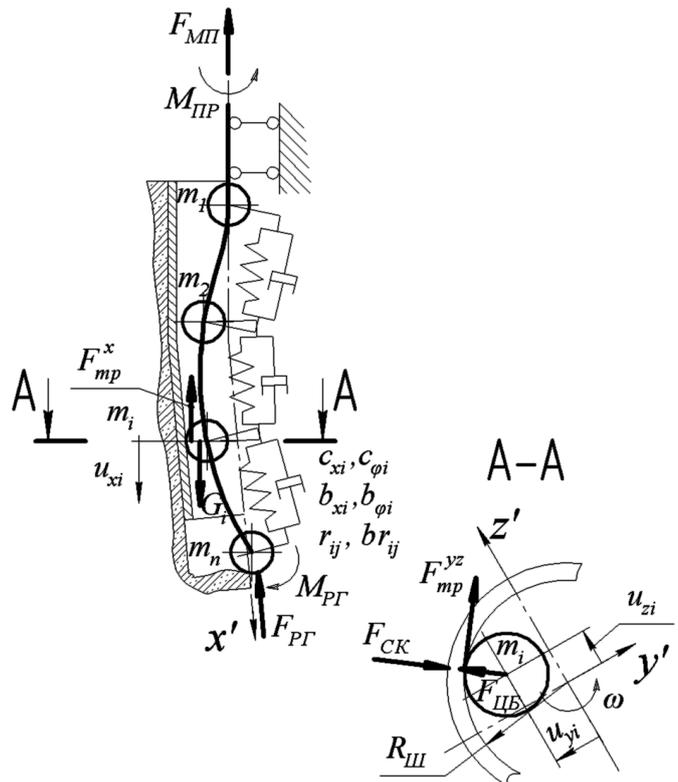


Рис. 2. Динамическая модель буровой колонны

Буровая колонна состоит из труб небольшого поперечного сечения и имеет значительную длину, увеличивающуюся с ростом длины скважины. Поэтому, в процессе своей работы, она сжимается под действием своего веса, изгибается, теряет устойчивость, и закручивается под действием вращающего ее привода, и внешнего действия грунтов.

Модель буровой колонны, приведенная на рис. 2, представляет собой многомассовую систему, в которой учитываются крутильные, изгибные и продольные ее деформации под действием различных внешних воздействий.

Система координат задана таким образом, что ось Ox направлена вдоль оси колонны, которая, в общем случае, может быть изогнута в случае криволинейности моделируемой скважины. Оси Oy' и Oz' – связаны с колонной неподвижно и вращаются в абсолютной, для данного примера, системе координат связанной с моделью СВП.

Колонна разбита на « n » дискретных масс связанных между собой упруго-вязкими связями. Каждая i -я дискретная масса характеризуется инерционными параметрами m_i и J_i и радиусом R_i буровой трубы, служащим для определения момента контакта колонны со стенками скважины.

Движение массы описывается 3-мя координатами u_{xi} , u_{yi} , u_{zi} в указанной выше системе координат, характеризующие смещения от положения равновесия в начальный момент времени и угол поворота φ_i во вращательном движении.

Параметры, описывающие упруго-вязкие свойства колонны: c_{xi} – жесткость продольной упругой связи; $c_{\varphi i}$ – жесткость крутильной упругой связи; r_{ij} – коэффициент влияния j-й массы на i-ю при поперечных деформациях, коэффициенты вязкого сопротивления b_{xi} , $b_{\varphi i}$, br_{ij} соответствующие по указанным направлениям деформации системы.

Из внешних сил, действующих на дискретную массу колонны, нужно учитывать силы трения возникающие при спуске и вращении, силу реакции со стенками скважины, центробежные силы, и ее собственный вес G_i . На последнюю, n-ную, массу, характеризующую буровой инструмент и забойный двигатель, действуют момент сил сопротивления резанию грунта и реакция направленная вдоль колонны, а на первую – крутящий момент от СВП и усилие удерживающее колонну на весу.

Сложность построения такой модели в том, что указанные силы будут не стационарны по направлению действия на каждую из масс в указанной криволинейной вращающейся системе координат $Ox'y'z'$, а их величина будет зависеть от положения системы, ее скорости и свойств среды в каждый момент моделируемого времени. Например, величина сил трения будет зависеть от силы взаимодействия рассматриваемой массы со стенкой скважины, которая может отсутствовать, если такого взаимодействия не будет. А вектор силы собственного веса G_i будет проецироваться на все три оси системы координат, причем, из-за ее вращения, составляющие проекций на оси Oy' и Oz' будут переменными.

Заключение

Реализация модели, общие принципы которой были описаны выше, позволит использовать ее при оптимальном проектировании, как механической части, так и систем управления буровой установки с верхним приводом. Нужно отметить, что разработки математического описания модели недостаточно, так как она потребует наполнения достоверными характеристиками свойств системы. Это предполагается решить путем использования натуральных данных систем мониторинга, которыми оснащены современные буровые установки.

Литература

1. Миниханов, Р.Ф. Анализ работы системы верхнего привода // Материалы Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГГУ, 2006. – С. 163-164.
2. Хегай В.К. О крутильных колебаниях бурильной колонны при проводке искривленных скважин // Сбор. науч. тр.: Матер, науч.-техн. конф. (15-17 апр. 2003)/ Ухтинский гос.тех.ун-т.-Ухта, 2004. С. 171-172.
3. Башмур, К.А. Динамика системы верхнего привода буровой установки: журн. Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – СПб.: изд-во Лань, 2013. – № 5. – С. 4-7.
4. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов. Москва: Машиностроение, 1987. - 157 с.
5. Малиновский Е.Ю. Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ. Москва : Машиностроение, 1980. - 216 с.
6. Балицкий, П. В. Взаимодействие бурильной колонны с забоем скважины. – М. : Недра, 1975.
7. Гулизаде М.П., Ильясов А.Г., Рустамов Н.Ш., Бунятов Р.Б. Исследование сил сопротивления на экспериментальной установке, имитирующей наклонную скважину //Изв. вузов. Нефть и газ.-1972.- №4.-С.21-25.
8. Юнин Е.К. Введение в механику глубокого бурения: Учебное пособие. – Ухта: УГТУ, 2003. – 120с.
9. Aleksandr Ashcheulov, Sergey Nikitin, Artem Khoroshanskay Statistical Research of Drilling Rig's Top Drive Stress Loading//International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 10, Number 19 (2015) pp 40021-40026

V.K. Chistyakov (В.К. Чистяков)

National Mineral Resources University, St. Petersburg

**DRILLING IN A CUT CONTAINING NATURAL GAS HYDRATES
(БУРЕНИЕ СКВАЖИН В РАЗРЕЗАХ С ПРИРОДНЫМИ
ГАЗОВЫМИ ГИДРАТАМИ)**

Аннотация

Освоение газогидратных ресурсов требует разработки новых, гораздо более эффективных и безопасных технологий их поиска, разведки и

добычи. Одной из важнейших задач совершенствования методов поиска и разведки природных газогидратных залежей является совершенствование и разработка новых способов и технических средств бурения скважин различного назначения в геологических разрезах с отложениями природных газовых гидратов.

Постоянно растущий спрос на энергоносители, ограниченность и невосполнимость их природных ресурсов заставили в конце XX века обратить пристальное внимание на значительные потенциальные ресурсы природного газа, заключенные в нетрадиционных источниках. Одним из таких еще не разрабатываемых источников природного газа на Земле являются газовые гидраты, которые в силу огромных ресурсов и широкого распространения могут в недалеком будущем составить реальную конкуренцию традиционным ресурсам природных углеводородов [1].

Газовые гидраты – твердые кристаллические соединения типа $M \cdot nH_2O$, в которых молекулы низкомолекулярного гидрофобного газа массой M удерживаются внутри каркаса из n водородно-связанных молекул воды H_2O . Кристаллическая структура газовых гидратов эффективно сжимает и удерживает газ: каждый кубический метр гидрата метана может содержать более 160 м^3 газообразного метана при нормальных термобарических условиях.

Узкий диапазон термобарических параметров агрегативной устойчивости газовых гидратов в природных условиях предполагает возможность их образования и стабильного состояния в придонных отложениях водных акваторий на глубинах более 300-400, а также в континентальных отложениях высокоширотных районов и областей распространения многолетнемерзлых пород и ледников на глубинах до 1000-1200 м [1].

Бурение разведочных и эксплуатационных скважин в разрезах, содержащих отложения природных газовых гидратов, как правило, сопровождается изменениями термобарических условий в окружающем их массиве горных пород, что может вызвать диссоциацию гидратов с переходом их из твердого состояния в жидкое и газообразное. Это приводит к возникновению целого ряда осложнений в процессах сооружения, исследования и эксплуатации скважин в результате ослабления физико-механических свойств гидратосодержащих пород, резкого повышения давления в замкнутом затрубном пространстве скважины, интенсивного

газопроявление в проницаемых или свободно перемещающихся средах, образования техногенных гидратов в циркуляционных каналах при низких температурах и др. [1, 2, 3].

Типичные технико-технологические проблемы бурения в этих условиях связаны с потерей устойчивости стенок скважин с их деформациями, обрушениями и кавернообразованием; снижением качества проведения цементации обсадных колонн, вызывающее их деформацию и даже разрушение, межколонные и заколонные перегородки флюидов, формирования газовых грифонов; снижением качества кернового опробования и исследования гидратосодержащих толщ; образованием пробок в отдельных частях циркуляционной системы и оборудования устья скважины и пр. [4].

Бурение нефтяных и газовых скважин через гидратосодержащие слои под морским дном может в результате диссоциации гидратов вызвать деформацию стволов скважин, что повышает риск аварийных ситуаций на платформах. В результате разупрочнения гидратосодержащих толщ в околоствольном пространстве скважин изменяется напряженно-деформированное состояние подводного склона, появляется возможность формирования полосы скольжения и быстрого развития оползневых процессов. Они могут возникать даже на склонах с углами наклона менее 5 град и иметь различные масштабы – от локальных до региональных.

Бурение скважин на газовые гидраты характеризуются целым комплексом экологических проблем, которые, прежде всего, связаны с выделением при диссоциации газовых гидратов одного из наиболее опасных для земной атмосферы, так называемых, «тепличных» газов – метана. Так как влияние метана на повышение температуры атмосферы примерно в 30 раз выше, чем CO_2 , то это при определенных условиях это может как стабилизировать температурные колебания в атмосфере, так и их усугублять, дестабилизируя, тем самым, климат. Есть гипотезы, связывающие климатических изменений в ледниковые периоды с разложением и формированием гидратов [3].

Для предупреждения всех вышеперечисленных геологотехнических опасностей, связанных с бурением скважин в гидратосодержащих разрезах, требуется проведение дополнительных исследований для совершенствования существующих и создания новых, эффективных для этих целей технологий и технических средств. Важная роль в этих исследованиях должна принадлежать изучению процессов тепломассопереноса на всех

технологических стадиях сооружения, исследования и эксплуатации скважин [4].

Литература

1. Басниев К.С. Природные газогидратные ресурсы, проблемы, перспективы. – Вып. 28, М.: Нефть и газ, 2003. – 20 с.
2. Чистяков В.К. Геотехнологические опасности при поисках, разведке и эксплуатации месторождений природных газовых гидратов // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – НАНУ, Киев, 2008. – № 32. – С. 103-112.
3. Collett, T., Johnson, A., Knapp, C., Boswell, R., 2009. Natural gas hydrates – a review, in Collett T., et al., eds, Natural gas hydrates—Energy resource potential and associated geologic hazards: AAPG Memoir 89. 146-220.
4. Кудряшов Б.Б., Чистяков В.К., Литвиненко В.С.: Бурение скважин в условиях изменения агрегатного состояния горных пород (монография) Л.: Недра, 1991. - 295 с.

*P.V. Gorelov, N.G. Shkabarnya, A.N. Gulkov,
S.F. Solomennik, N.A. Nagornova*

FEFU, Vladivostok

SEISMIC MONITORING ALONG THE OIL PIPELINES IN THE PRIMORSKY KRAY (СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВДОЛЬ ТРАССЫ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДА В ПРИМОРСКОМ КРАЕ)

Аннотация

В данной статье описаны последние землетрясения на территории Приморского края (2007–2016 гг.), в котором содержится точное местоположение и параметры землетрясения, находящиеся в непосредственной близости от нефтепровода «Восточная Сибирь - Тихий Океан» и газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток». Представлены результаты, основанные на анализе уже имеющихся материалов, в частности каталогов приморских землетрясений, с оценкой влияния на объекты изучения землетрясений.

Среди всех стихийных бедствий землетрясения относятся к наиболее опасным. Оно занимает одно из первых мест по числу человеческих жертв

и причиняемому ущербу. На основании сейсмического анализа было установлено, что на территории края за последние 20–30 лет не было сильных землетрясений. Зона сейсмической опасности в Приморском крае определена как средняя и по шкале MSK не превышает 8 баллов [1]. Такая оценка подтверждается комплектом карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97, где Приморский край относится к зоне шести и семи баллов [2,3,4].

В настоящее время накоплен большой объем материалов о сейсмической активности Приморского края и составлена карта исторических землетрясений масштаба 1:1000000 – 1:2000000 [5]. На основании анализа определены наиболее опасные в сейсмическом отношении районы. За последние столетия в пределах Японского моря отмечались сильные землетрясения с магнитудой 7–8, которые сопровождались цунами на всём побережье Приморского края.

Непосредственно на территории края за период с 1867 по 2007 г. известны примерно 316 землетрясений. Среди них наблюдаются глубокофокусные и коровые землетрясения с магнитудой в диапазоне $7 < M < 9$ (сильные) и $1 < M < 5$ (слабые). Поэтому эта территория является сейсмически опасным регионом. К настоящему времени известна лишь малая часть инструментально зарегистрированных землетрясений, что объясняется слабо развитой сейсмической сетью. Параметры многих землетрясений, особенно слабых, к сожалению не установлены.

Начиная с 2007 г. и по настоящее время в Приморье и близлежащих окрестностях, произошло свыше 60 землетрясений. Большая часть была зарегистрирована вблизи побережья края, в Японском море и у границы с Китаем.

По данным геофизической службы РАН в последнее время вблизи трассы фиксировались, в основном, глубокофокусные и промежуточные землетрясения с очагами на глубине более 60 км (рис.1). Однако за последние пару лет случилось два коровых землетрясения: 1) 12 апреля 2014 году в Кировском районе, близ с. Преображенка ($45^{\circ}.03'$; $133^{\circ}.61'$), $h = 10$ км, $M = 4.3$; 2) 24 марта 2016 года вблизи города Дальнегорска ($44^{\circ}.60'$; $135^{\circ}.90'$), $h = 10$ км, $M = 3.8$, по некоторым данным на одной из Дальнегорских шахт произошёл обвал трёх ярусов.

Исторически известно, что вблизи территории, где сейчас располагается и планируется газонефтепровод, происходили сильные коровые землетрясения. Такие как землетрясение 1933 года- Красноармейское, 1950

года – Артёмовское, 1955 года – Приморское, 1962 года – Партизанское, 1967 года – Ханкайское, 1971 года – Партизанское, 1976 года – Покровское. Интенсивность почти всех доходила до 7 баллов по шкале MSK-64. В результате этих землетрясений в посёлках были повреждены многие постройки, во многих домах разрушились печи и трубы. На склонах гор и сопок произошли оползни и обвалы. Образовались небольшие трещины в грунте. Наблюдался небольшой подъём воды в заливе и озёрах, изменялся рельеф дна. В шахтах чувствовались толчки под ногами, был повреждён водопровод, на крутых берегах рек произошли обвалы.

Большая часть побережья Приморского края находится в ближней зоне очагов сильнейших цунами. Начиная, с VIII века имеются упоминания о 12-ти случаях цунами на побережье Приморья, шесть из которых относятся к прошлому столетию. Последние произошли не так давно и причинили сильный ущерб:

- 26 мая 1983 года в Японском море произошло землетрясение с магнитудой больше 7. Волна достигла Приморья примерно через час. Высота поднятия воды достигала 5-6 м, по большей части в незакрытых бухтах Уссурийского залива. Был причинён ущерб: торговым и рыбным портам, ТЭЦ-2 в городе Владивостоке, городу Находка, многим судам и предприятиям. По имеющимся данным погиб 1 человек. Хотелось бы отметить, что на ТЭЦ-2 могла бы произойти катастрофа. В результате цунами остановились турбины и произошёл перепад напряжения в генераторах, что могло привести к отключению электроэнергии почти во всём Владивостоке, но сработала система защиты и всё обошлось.

- 13 июля 1993 года подъём воды происходил почти на всём побережье Приморского края и в некоторых местах доходил до 4 метров. Заплеск в некоторых местах доходил до 300 метров. Пострадали суда (бились о пирсы, более мелкие выкидывало на берег), в результате смыто 700 тонн угля, разрушены пирсы, повреждён трубопровод, затоплены рыбозаводы и посёлки.

Из выше сказанного следует, что газонефтепровод может подвергаться сейсмическому воздействию, что в результате может привести к катастрофе больших масштабов.

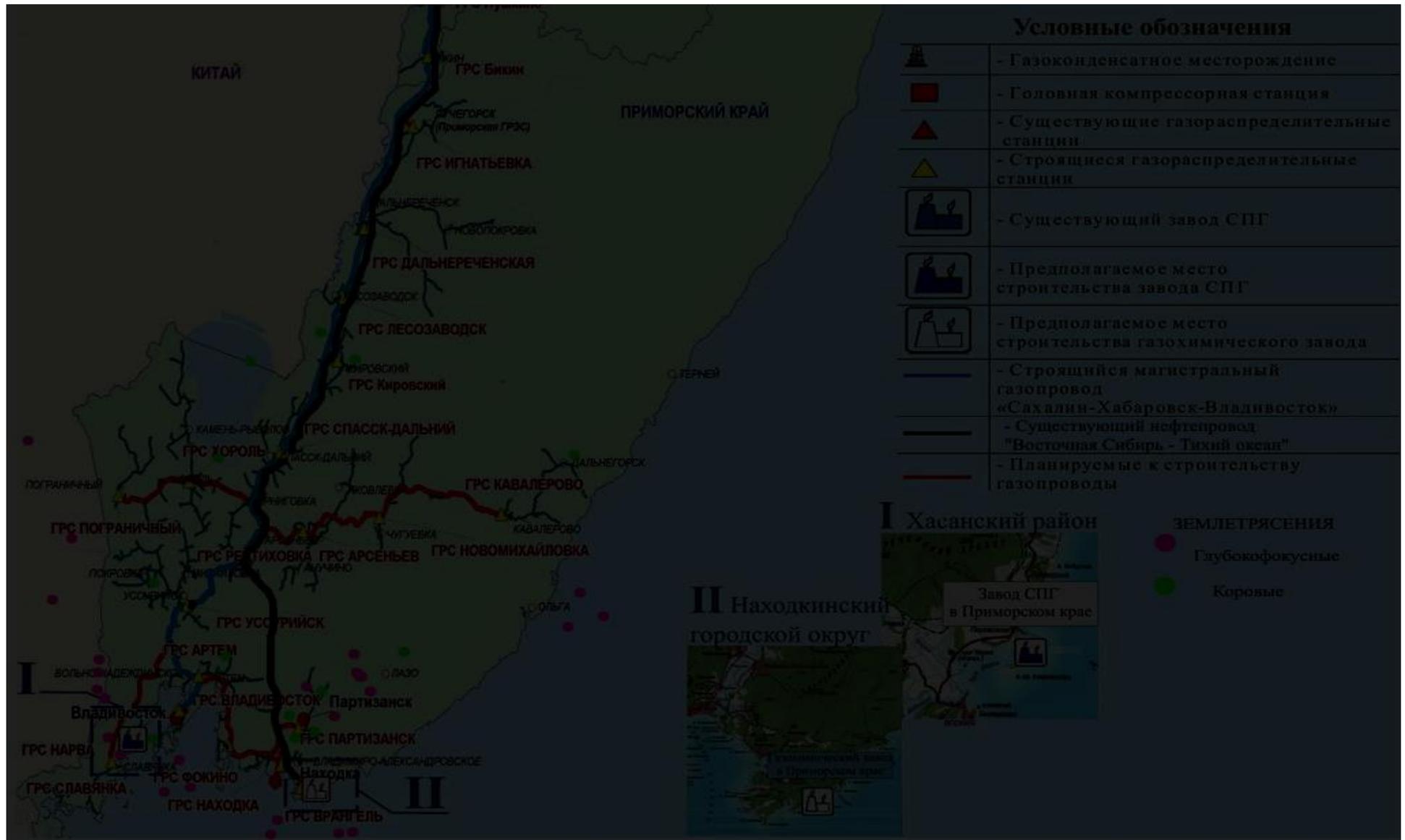


Рис.1. Схема расположения Газонефтепровода в Приморском крае с сейсмической интенсивностью

Литература

1. Абрамов В.А., Абрамова В.А. Новая карта сейсмической опасности Евразии. // Тезисы докл. межд. конф.: Стихия. Строительство, Безопасность. Владивосток, 8-12 окт. 1997г. Владивосток. 1997. С.6-9.
2. Олейников А.В., Олейников Н.А. Палеосейсмогеология и сейсмическая опасность Приморского края // Вестник ДВО РАН. 2006. № 3. С. 76–84.
3. Полякова А.М. Цунами у Приморского побережья // Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток 2008 г.
4. Щербинина Т.П. Итоги работы центра «Цунами» приморского УГМС за 2012-2113 гг. // УГМС Приморский край, г. Владивосток.

A.A. Gruchenkova, A.A. Tarasenko, P.V. Cherur (A.A. Грученкова, A.A. Тарасенко, П.В. Черур)

Tyumen Industrial University, Tyumen

BASIS FOR THE POSSIBILITY OF USING A NUMERICAL METHOD FOR THE STUDY OF THE TANK ROOF PERFORMANCE OF RVS-20000 FOR THE EXAMINATION OF AN OBJECT (ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КРОВЛИ РЕЗЕРВУАРА RVS-20000 ПРИ ЭКСПЕРТИЗЕ ОБЪЕКТА)

Аннотация

В статье выполнен расчет сферической кровли вертикального стального резервуара RVS-20000 на прочность и устойчивость методом строительной механики и методом конечных элементов в ПК ANSYS. Представлены расчетные схемы радиальных ребер, опорного и центрального колец, применяемые при аналитическом расчете, и конечно-элементная модель кровли резервуара, используемая для численного метода расчета. Разница между аналитическим и численным методами расчета составила не более 7%, что свидетельствует об адекватности конечно-элементной модели кровли RVS и достоверности результатов численного метода расчета. Установлено, что применение численного метода расчета для обос-

нования работоспособности сферической кровли резервуара РВС-20000 является правомерным действием со стороны проектной организации.

Одним из главных факторов, определяющих бесперебойную и своевременную поставку углеводородного сырья потребителям, является безотказная работа вертикальных стальных резервуаров. Во время эксплуатации основные конструктивные элементы резервуара находятся в напряженно-деформированном состоянии под действием больших эксплуатационных нагрузок. К таким наиболее нагруженным конструктивным элементам резервуара относится и его кровля. В нормативных технических документах предъявляются жесткие требования к обеспечению прочности и устойчивости конструкций кровли резервуаров.

Традиционно, для расчета кровли резервуара на прочность и устойчивость используют аналитические методы. При разработке авторами проекта строительства нового резервуара возникла необходимость подробно детализировать конструкцию крыши, а это возможно лишь с использованием численных методов. Численное моделирование было выполнено при помощи комплекса ANSYS. Однако при прохождении государственной экспертизы проекта, у эксперта возник вопрос о правомерности использования численных методов для обоснования работоспособности столь ответственного сооружения. По этой причине возникла необходимость обосновать возможность использования численного метода для обоснования работоспособности кровли резервуара.

Для решения поставленной задачи предлагается произвести сравнительный анализ расчетов стационарной кровли резервуара РВС-20000 на прочность и устойчивость методом строительной механики, описанном в [2], и численным методом, выполненным в программном комплексе ANSYS.

Конструкция стационарной крыши РВС состоит из радиальных ребер, соединенных между собой рядом поперечных балок, и листового настила. Габаритные размеры элементов резервуара представлены в табл. 1.

Для резервуара РВС-20000 щитовая кровля представляет собой распорную конструкцию. Распор вызывает сжимающие усилия в радиальных балках и требует для своего восприятия опорного кольца.

Покрытие расчленяется на отдельные плоские арки, включающие по два диаметрально противоположных ребра. Радиальные ребра предлагается рассчитать по схеме двухшарнирной арки. Поскольку покрытие имеет

по наружному контуру общее для всех щитов кольцо жесткости, то оно может рассматриваться как общая затяжка для всех арок. Поэтому каждую арку можно рассчитать, как плоскую арку с условной затяжкой. Расчетная схема опорного кольца резервуара на действие распоров представляет собой бесконечную балку, нагруженную сосредоточенными силами.

Таблица 1

Габаритные размеры элементов резервуара РВС-20000

Габаритный размер	Значение	Ед.изм.
Диаметр резервуара	45,626	м
Высота стенки резервуара	11,94	м
Высота купола кровли	3,94	м
Радиус сферы	67	м
Площадь купола кровли	1658,6	м ²

При расчете учитывались 2 комбинации вертикальных нагрузок: «сверху вниз» – вес конструкции кровли, снеговая нагрузка, вакуум, и «снизу вверх» – внутреннее избыточное давление в паровоздушной среде, ветровой отсос, собственный вес кровли, а также горизонтальные нагрузки – собираемые с верхней части резервуара, равной 0,4 высоты РВС, нагрузки, вызывающие сжатие опорного кольца купола (активное давление ветра и вакуум), нагрузки, вызывающие растяжение опорного кольца (ветровой отсос и избыточное давление). Щиты купола опираются своими радиальными ребрами на кольца (опорное и центральное) и передают сосредоточенную нагрузку на них. Поэтому нагрузка с поверхности щита полностью воспринимается радиальными ребрами в соответствии с грузовой площадью, приходящейся на радиальное ребро.

Для расчета сферической кровли резервуара в среде ANSYS, реализующей метод конечных элементов, была использована конечно-элементная модель крыши РВС-20000 [14, 15]. Компьютерная модель представляет собой систему металлоконструкций из радиальных несущих балок, опорного кольца, листового настила и узла сопряжения опорного кольца со стенкой. С целью создания реальных условий работы опорного кольца в модель включена стенка высотой 12 м. Радиальные балки, элементы кольца жесткости и участка стенки соединены между собой жестко. Граничные условия – нижняя кромка стенки резервуара жестко закреплена от перемещений и поворотов по всему периметру.

Сечения радиальных и кольцевых профилей балок представляют собой двутавры 30 Б1 по СТО АСЧМ 20-93 и уголки (125x80x8, 110x70x8, 100x63x6) по ГОСТ 8510-86 соответственно.

Результаты расчетов аналитическим [2] и численным методами показали, что прочность и устойчивость несущих конструкций кровли резервуара обеспечена.

В результате сравнительного анализа проверочных расчетов установлено, что разница между значениями, полученными из расчета методом строительной механики и численного расчета в программном комплексе ANSYS, составила не более 7 %, что свидетельствует об адекватности конечно-элементной модели кровли РВС и достоверности результатов численного метода расчета.

Таким образом, применение численного метода расчета для обоснования работоспособности сферической кровли РВС является правомерным действием со стороны проектной организации при разработке проекта строительства нового резервуара и обеспечивает получение реальных значений параметров напряженно-деформированного состояния конструкции кровли при эксплуатации резервуара.

Литература

1. Васильев Г.Г., Тарасенко А.А., Чепур П.В., Гуань Ю. Анализ сейсмостойкости вертикального стального резервуара РВСПК-50000 с использованием линейно-спектрального метода // Нефтяное хозяйство. 2015. № 10. С. 120-123.
2. Лапшин А.А., Колесов А.И., Агеева М.А. Конструирование и расчет вертикальных цилиндрических резервуаров низкого давления: Учеб. пособ. ННГАСУ, 2009. – 122 с.
3. Тарасенко А.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко Д.А. Противоречия в современной нормативно-технической базе при ремонте резервуаров // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-15. С. 3400-3403.
4. Тарасенко А.А., Чепур П.В. Эволюция взглядов на вопросы определения величины допустимых осадок резервуаров // Фундаментальные исследования. 2014. № 12-1. С. 67-84.
5. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Грученкова А.А. Использование критериев стандарта API-653 для оценки допустимой величины осадки днища резервуаров // Фундаментальные исследования. 2014. № 12-7. С. 1418-1422.
6. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Грученкова А.А., Соколов С.С. Оценка влияния трубопроводов системы подслоного пожаротушения на

напряженное состояние резервуара при осадке основания // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-8. С. 1698-1702.

7. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Тарасенко Д.А. Численное моделирование процесса деформирования резервуара при развитии неравномерных осадок // Нефтяное хозяйство. 2015. № 4. С. 88-91.

8. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Шарков А.Е., Гретченко Д.А. Технология диагностики вертикальных стальных резервуаров без снятия антикоррозионного покрытия // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-8. С. 1703-1708.

9. Тарасенко М.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко А.А. Анализ результатов дефектоскопии коррозионных повреждений резервуаров // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2010. № 5. С. 78-82.

10. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Особенности совместной работы резервуара и устройств размыва донных отложений винтового типа // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-8. С. 1671-1675.

11. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Оценка воздействия приемо-раздаточного патрубка при развитии осадки резервуара // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-3. С. 540-544.

12. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Создание и верификация численной модели резервуара РВСПК-50000 // Фундаментальные исследования. 2015. № 7-1. С. 95-100.

13. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Грученкова А.А. Анализ возможности использования критериев стандарта API-653 для оценки неравномерной осадки резервуаров отечественных типоразмеров // Фундаментальные исследования. 2014. № 12-3. С. 514-519.

14. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Грученкова А.А., Антонов И.В. Численный анализ влияния жесткости газоуравнительной системы при развитии осадок резервуара // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-6. С. 1292-1296.

15. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Соколов С.С. Оценка влияния трубопроводов системы аварийного сброса на напряженное состояние конструкции резервуара при развитии осадок основания // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-4. С. 804-808.

16. Чирков С.В., Тарасенко А.А., Чепур П.В. Определение оптимального количества тросов поддержки днища при подъеме резервуара // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2014. № 5. С. 72-78.

*1 A. Gulkov, 1 V. Lapshin, 1 A. Nikitina, 1 A. Morozov, 1 Em Yu.,
1 S. Gulkova, 1 S. Solomennik, 1 V. Slesarenko, 2 E. Suess (А.Н. Гульков,
В.А. Лапшин, А.В. Никитина, А.А. Морозов, Ем Ю., С.Г. Гулькова,
С.Ф. Соломенник, В.В. Слесаренко, Е. Suess)*

1FEFU, Vladivostok

2Institute Geology of the sea, Kiel, Germany

**THE PILOT STUDY OF THE FORMATION OF GAS HYDRATE
SUSPENSIONS AND TRANSPORT PROPERTIES
(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО ИЗУЧЕНИЮ
ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЮ ГАЗОГИДРАТНЫХ
СУСПЕНЗИЙ И ИХ ТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ)**

Аннотация

Рассматривается экспериментальная установка по изучению процессов формирования газогидратных суспензий и её транспортных свойств. Описана схема установки и основные процессы, которые можно изучать. Приводятся результаты исследований образования газовых гидратов и газогидратной суспензии в адиабатном процессе в потоке морской воды. Предлагается использовать адиабатный способ получения газовых гидратов и формирования газогидратных суспензий. Намечены направления дальнейших исследований.

Одним из основных научных направлений кафедры нефтегазового дела ДВФУ в последние три года является исследование процессов образования газовых гидратов, газогидратных суспензий и возможности их транспорта. Для изучения этих процессов в лаборатории газовых гидратов создана экспериментальная установка (Рис 1), состоящая из холодильной машины, реактора - испарителя, циркуляционного контура, системы измерения и подачи газа и системой автоматики, поддерживающая задаваемые параметры.



Рис. 1. Экспериментальная установка по изучению процессов формирования газогидратных суспензий и её транспортных свойств

Циркуляционная система оборудована насосом, позволяющим перемещать как насыщенные газом растворы, так и газогидратные суспензии. В реакторе - испарителе формируется газогидратная фаза за счёт отведения теплоты гидратообразования холодильной машиной. Установка позволяет проводить исследования в диапазоне давлений от 0,1 до 5,0 МПа и температур от -10 до 25 C° .

На установке осуществлены исследования в области адиабатного формирования газогидратной фазы CO_2 в морской воде за счет изменения давления в системе. В качестве морской воды использовалась вода Японского моря.

Морская вода, циркулирующая в контуре, насыщалась углекислым газом и охлаждалась холодильной машиной в реакторе – генераторе. Затем в циркуляционной системе повышалось давление за счет подачи углекислого газа, в результате чего образовывался газогидрат в виде мелкодисперсной суспензии, который можно было наблюдать в смотровые окна (Рис2).

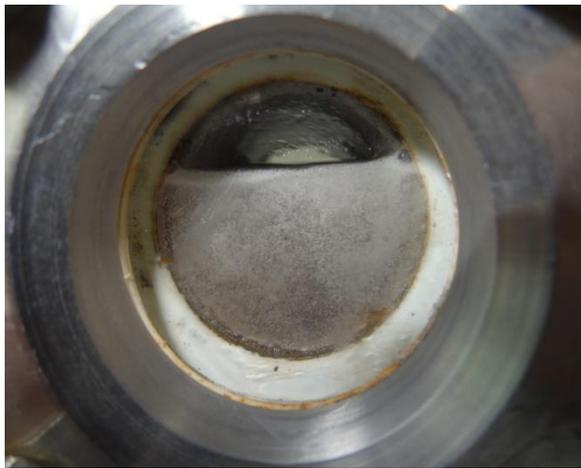


Рис. 2. Суспензия на основе газового гидрата двуокиси углерода, полученная в реакторе лабораторной установки

Рассмотрим происходящие процессы на диаграммах Р-Т. В начальной точке 2 ($P=2$ МПа; $t=+12^{\circ}\text{C}$, диаграмма Р-Т, рис. 3) вода насыщалась двуокисью углерода до состояния полного насыщения ($3,3$ г $\text{CO}_2/100$ г H_2O) [1], после чего охлаждалась до температуры $+4^{\circ}\text{C}$ (точка 2'). В точке 2' снижение температуры прекращалось несмотря на то, что холодильная установка продолжала работать в прежнем режиме, при этом в смотровом стекле, установленном в контуре высокого давления установки, появлялись частицы гидрата.

Следует заметить, что прекращение снижения температуры системы $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ на линии гидратообразования (точка 2') при работающей холодильной установке объясняется тем, что формирование всех газовых гидратов, и гидрата CO_2 в частности, сопровождается мощным тепловым эффектом. Формирование гидрата CO_2 при давлении 1 МПа сопровождается выделением тепловой энергии величиной 430-450 кДж/кг [2]. Особо следует отметить, что формирование гидрата в точке 2' (Рис. 3) происходит внутри теплообменного аппарата, из которого теплота гидратообразования отводилась холодильной машиной за счёт кипения хладагента R22.

При этом в результате формирования газогидратной фазы в кольцевом зазоре реактора резко возрастало гидравлическое сопротивление контура циркуляции системы $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$, что приводило к повышению расхода электроэнергии на привод как циркуляционного насоса, так и ротора реактора, что регистрировалось посредством ваттметров, имеющих канал вывода информации на компьютер.

Второй эксперимент, проведённый в рамках исследования адиабатного формирования газогидратной фазы, проходил под давлением

1 МПа (процесс 1-6, рис. 3). Вода, насыщенная двуокисью углерода, прокачивалась циркуляционным насосом через реактор – испаритель, как было сказано выше, под давлением 1 МПа. При этом

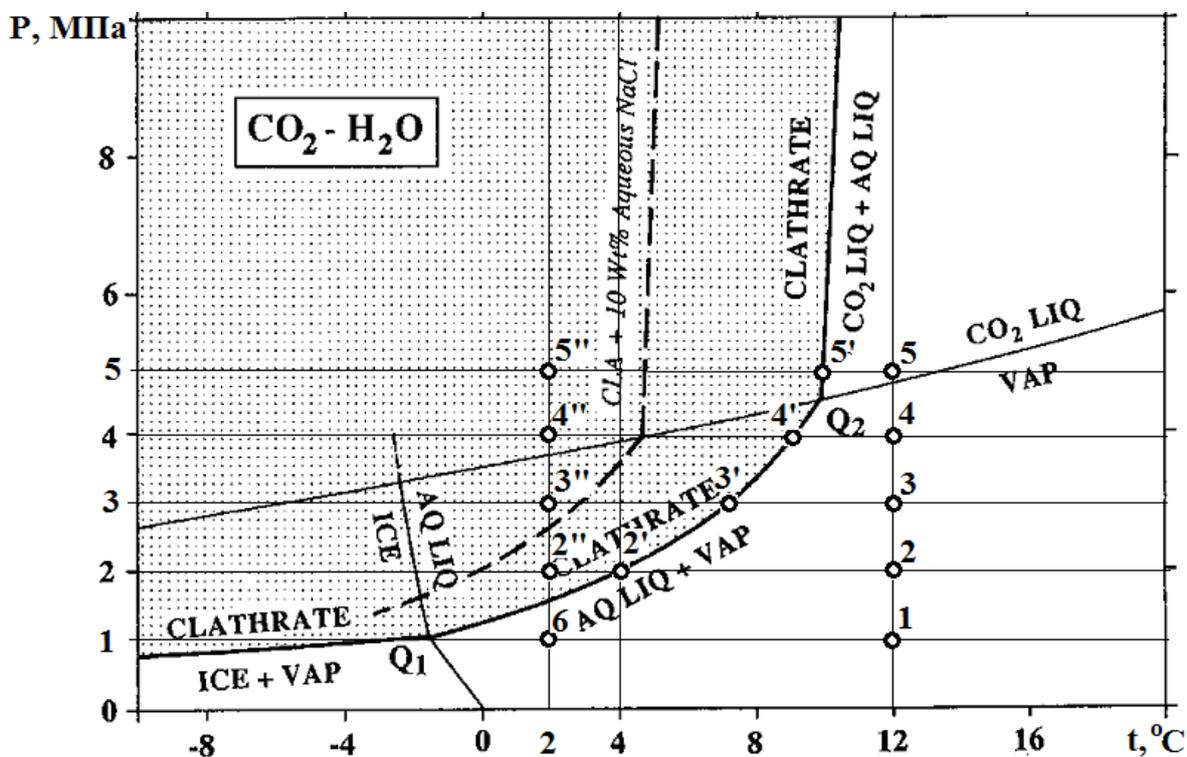


Рис. 3. Процессы, проходящие в реакторе лабораторной установки, изображённые на диаграмме Штакельберга-Розебома

посредством охлаждения холодильной машиной температура гомогенной системы H₂O-CO₂ была снижена от +12°C до +2°C при существенно меньших энергозатратах, чем в ранее описанном случае, когда в циркуляционном контуре формировалась суспензия с постоянной увеличивающейся долей твёрдой фазы.

После достижения температуры +2°C давление в контуре циркуляции воды, насыщенной двуокисью углерода, резко поднималось до 2 МПа (точка 2'', рис.3), что приводило к мгновенному образованию газогидратной фазы во всём контуре одновременно (Рис. 8).

Далее эксперименты проводились на изобарах 3, 4 и 5 МПа, что приводило к повышению содержания газогидратной фазы в циркуляционном контуре при росте в нём давления. При этом каждый раз фигуративная точка состояния системы H₂O-CO₂ возвращалась на линию равновесия (в точки 3', 4', 5'). Характерно, что увеличение содержания газогидратной фазы наблюдалось при повышении давления только до значения, соответ-

ствующего координатам квадрупольной точки Q_2 . Следует отметить, что выше квадрупольной точки Q_2 двуокись углерода переходит из парообразного состояния в жидкое, что и меняет характер термобарических условий формирования гидрата на её основе [2].

Проведенные эксперименты свидетельствуют о работоспособности предложенной установки. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния различных факторов на формирование газовых гидратов и на изучение транспортных свойств газогидратных суспензий, полученных в реакторах как традиционной, так и адиабатной конструкции.

Литература

1. Ernie Perkins. Fundamental Geochemical Processes Between CO₂, Water and Minerals. Edmonton, Alberta. 2003;
2. E. Dandy Sloan, C. Koh. Clathrate hydrates of natural gases. – 3rd ed. CRC Press, 2008 – 758 с.;

T.V. Ksenik, O.N. Tsybul'skaya, A.V. Perfil'ev, A.A. Yudakov (Т.В. Ксеник 2, О.Н. Цыбульская 1, 2, А.В. Перфильев 1,2, А.А. Юдаков 1,2)

¹FEFU, Vladivostok

²Institute of Chemistry FEB RAS, Vladivostok

CLEANING OILY WASTE WATER USING HYDROPHOBIZED SORBENT ON THE BASIS OF THE ALUMINOSILICATE (ОЧИСТКА ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ВОД С ПОМОЩЬЮ ГИДРОФОБИЗИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ НА АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ ОСНОВЕ)

Аннотация

В работе представлена технологическая схема модификации природных и техногенных материалов Дальневосточного региона с целью получения адсорбентов нефтепродуктов с улучшенными сорбционными, физико-механическими и эксплуатационными характеристиками. Приведены рекомендации по использованию гидрофобизированных сорбентов в качестве загрузки адсорбционных фильтров в промышленных условиях для очистки загрязненных нефтепродуктами вод.

Среди многочисленных вредных веществ, попадающих в окружающую среду, нефтепродуктам принадлежит одно из первых мест.

К основным источникам загрязнений сточных вод нефтепродуктами, относятся различные промышленные предприятия, осуществляющие сброс загрязненной технологической воды в окружающую среду. Среди таких предприятий нефтехимические, машиностроительные, энергетические предприятия, предприятия легкой и пищевой промышленности, ТЭЦ, АЭС; транспортные предприятия – автопарки и автохозяйства, суда морского и речного флота, локомотивные депо железнодорожного транспорта, аэропорты, торговые и рыбные порты и др.

Общепринятые способы предварительной очистки технологических нефтесодержащих вод, такие как отстаивание, коагуляция, флотация и др. позволяют снизить концентрацию нефтепродуктов до 30 мг/л. Для глубокой очистки воды наиболее экономичным и эффективным способом очистки является адсорбция, позволяющая очищать сточные воды от нефтепродуктов до уровня ПДК, в соответствии с требованиями СанПиНа. При этом адсорбционная очистка проходит без внесения в воду каких-либо вторичных загрязнений.

Основными принципами выбора сорбентов для адсорбционной очистки являются их доступность, территориальная близость, цена, возможность утилизации и регенерации. Поэтому разработка новых типов недорогих, но при этом эффективных сорбентов на базе природного и техногенного местного сырья является весьма востребованной задачей.

Институтом химии ДВО РАН разработаны способ и устройство искусственной гидрофобизации высокопористых алюмосиликатных материалов не имеющих аналогов в мировой практике [1,2,3].

В качестве сырья для получения сорбентов в Дальневосточном регионе целесообразно использовать керамзитовый гравий, минеральную вату, перлит, вермикулит, вулканический туф. Данные материалы обладают механической прочностью, достаточную для многократных пересыпаний; высокую пористость; крупность, обеспечивающую проток воды через слой материала; территориально доступны и относительно дешевы в регионе производства и потребления.

Схема получения гидрофобизированных сорбентов приведена на рисунке 1.

Искусственное получение водоотталкивающих свойств сорбентов осуществляется за счет адсорбционных процессов. При высоких температурах (450-600°C) за счет процессов хемосорбции на поверхности раздела минеральной подложки и гидрофобизатора образуется устойчивая пленка со слабыми гидрофобными свойствами. При остывании до температуры конденсации гидрофобизатора (в общем случае до 150°C) образовавшаяся пленка достраивается за счет процессов физической адсорбции (конденсации).

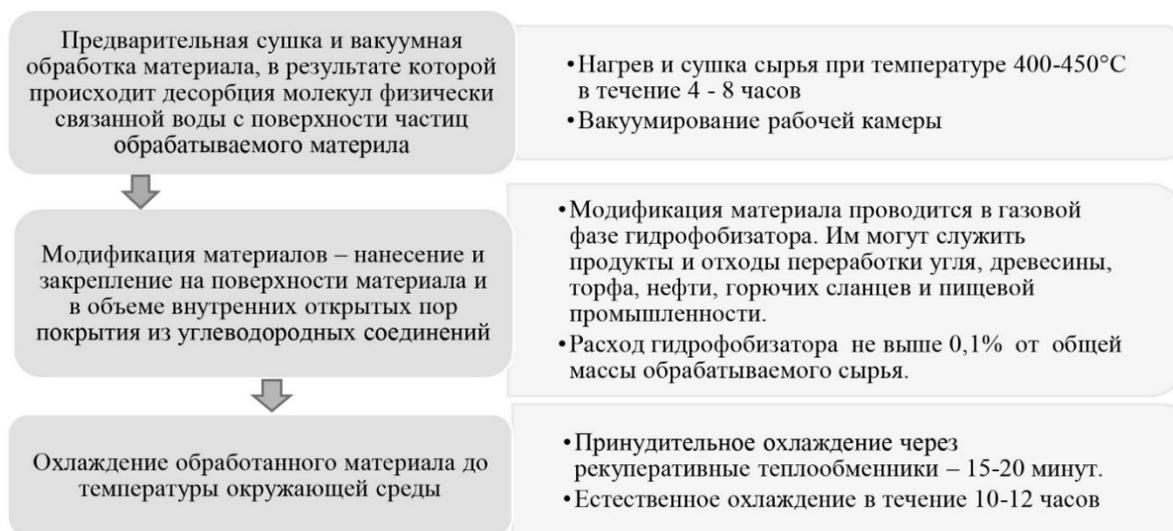


Рис. 1. Основные этапы и режимы гидрофобизации высокопористых алюмосиликатных материалов

Принцип работы гидрофобизированного сорбента основан на том, что собранный на поверхности гранул материала нефтепродукт перемещается в открытые поры до полного заполнения их объема. Адсорбционная емкость некоторых сорбентов приведена в таблице 1.

Сорбенты, получаемые по разработанной технологии, практически не изменяют свои физико-химические характеристики: пористость, плотность, насыпную массу, гранулометрический состав, прочность. Поверхностные свойства сорбента при этом изменяются приобретая гидрофобность и, соответственно, олеофильность; стабильность пленки до температуры 280°C, нечувствительность к действию отрицательных температур при нормальных условиях, стабильность во времени, отсутствие слеживаемости, устойчивость к воздействию кислот и щелочей в интервале рН = 5-8,5.

Адсорбционная емкость некоторых гидрофобизированных сорбентов

Гидрофобизированный материал	Адсорбционная емкость, % от массы	Особенности
Вспученный перлит	50 - 70 %	Зависит от режима вспучивания перлита (температура, время)
Природные пористые шлаки	До 30 %	Адсорбционная емкость возрастает при уменьшении размеров частиц до фракции песка (1,25-2,5 мм)
Кирпичная крошка	До 20 %	Адсорбционная емкость зависит от величины удельной поверхности частиц материала
Керамзитовый гравий	25 - 45 %	Пористость керамзита зависит от вида сырья (глиняные гранулы правильной формы или дробленый глинистый сланец), выгорающих добавок, режима обжига гранул
Минеральная вата	Порядка 1000 %	
Вермикулит	До 60 %	

В результате испытаний установлено, что при нагревах отработанных сорбентов до 180°С основная часть сорбированного материала “вытапливается” из гранул. При нагревах до 250°С оставшийся в порах “свободный” мазут испаряется, а сам керамзит сохраняет способность к повторным насыщениям. Таким образом, отработанный сорбент, в отличие от других сорбентов, предлагаемых как российскими, так и зарубежными производителями подлежит не утилизации, а неоднократной регенерации, причем в том же устройстве. Регенерированный материал используется повторно, количество циклов регенерации без потери эксплуатационных свойств практически неограниченно.

Избирательная способность сорбента к нефтепродуктам при очистке сточных и льяльных вод, используется в насыпных адсорбционных фильтрах (напорных и безнапорных). Непременным условием длительной и эффективной эксплуатации таких фильтров является предварительная очистка нефтесодержащих вод от крупных частиц нефти, в том числе от эмульгированного нефтепродукта, до остаточного содержания в очищаемой воде не более 100 мг/л. В противном случае макро, микро и переход-

ные поры сорбентов быстро заполняются крупными частицами нефтепродуктов и материал теряет свою поглощающую способность.

Разработанные адсорбционные фильтры представляют собой устройства, объемом от 0,2 куб.м, горизонтально поделенные на кассетные отсеки – блоки от одного до пяти. Верхний блок заполняется сорбентом крупных фракций 20-35 мм с адсорбционной емкостью 25-45 % (например керамзитом); средний и нижний блоки заполняются мелкими фракциями сорбентов 0,5-20мм и 0,35-3,0 мм, с адсорбционной емкостью 60-80 %, соответственно (например модифицированными вспученным перлитом и вермикулитом). Подлежащую очистке воду рекомендуется подавать снизу вверх со скоростью не более 5 м/ч, отношение высоты фильтрующего слоя к диаметру фильтра 3:1.

Установка нескольких кассет позволяет применять противоточно-ступенчатую адсорбционную технологическую схему эксплуатации сорбента, и тем самым сократить его расход. При такой схеме эксплуатации сорбента свежий сорбент устанавливается на конечной ступени очистки, для обеспечения минимальной концентрации органических веществ на выходе. Насыщенный при низкой концентрации органических веществ сорбент из конечной ступени направляется в следующую ступень очистки навстречу потоку воды. При этом сорбент попадает в раствор более высокой концентрации и донасыщается до равновесия с остаточной концентрацией этой ступени, после чего передаётся в следующую ступень. Такое перемещение адсорбента от конечной ступени к первой, т.е. в направлении возрастания концентрации органических веществ, приводит к тому, что из системы выводится адсорбент лишь после достижения максимальной адсорбционной ёмкости.

В зависимости от начальных характеристик очищаемого стока, его состава, концентрации загрязнений и объема сточной воды и ожидаемого конечного результата возможны конструктивные изменения адсорбционных фильтров.

Адсорбционные фильтры обеспечивают очистку сточных вод, загрязненных органическими веществами, в том числе нефтепродуктами, до требуемого уровня предельно-допустимых концентраций. Опыт применения гидрофобизированного сорбента в реальных условиях показывает, что он очищает воду также и от взвешенных частиц. Если на взвешенных частицах коагулируются тяжелые металлы, гидроокислы и другие

примеси то происходит задержание их в слое сорбента. Однако это сопутствующий эффект и в случае целевой очистки, необходимо проводить подбор сорбентов и возможных комбинаций гидрофобизированных сорбентов и флокулянтов, на основе хитозана, разработанных в ИХ ДВО РАН.

Литература

1. ТУ 5717-010-02698192-2006. Сорбенты гидрофобизированные алюмосиликатные.
2. Патент РФ № 47080. Устройство для термохимической обработки дисперсных материалов.
3. Патент № 2279405. Способ очистки вод от нефтепродуктов.

V.A. Kurushina, E. V. Kurushina, M. Yu. Zemenkova (В.А. Курушина, Е.В. Курушина, М.Ю. Земенкова)

Tyumen industrial University, Tyumen

ON TECHNOLOGIES FOR ENGINEERING EDUCATION IN UNIVERSITIES OF WORLD-LEVEL BENCHMARKS (О ТЕХНОЛОГИЯХ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗАХ-БЕНЧМАРКАХ МИРОВОГО УРОВНЯ)

Аннотация

Исследуется технология определения вузов-бенчмарков в процессе реформирования российского инженерного образования. В качестве сравниваемых параметров вузов рассматриваются широта образовательного профиля, отраслевая специализация и взаимосвязь с ведущими корпорациями региона, контингент обучающихся. При оценке возможностей использования релевантных практик вуза мирового уровня сделан акцент на формировании новой ментальности инженера, роли компьютерных технологий в обучении по направлению инжиниринг, обеспеченности образовательного процесса лицензионными программами, в несколько раз превышающими уровень российского регионального университета, а также на успешных кадровых технологиях (привлечении «гостевых» лекторов, использование системы демонстраторов).

ABSTRACT. The paper investigates the technology of identification of benchmark higher education institutions during reformation of the Russian engineering education. The parameters for comparison of institutions include the latitude of educational profile, industrial specialization, and interconnection with the leading regional corporations, contingent of students. When considering the possibilities of using relevant higher education practices of the world level, the authors emphasize the importance of formation of a new mentality of an engineer, the role of computer technologies in engineering education, the provision of licensed software for educational process, which exceed the level of a regional Russian university, and successful staff technologies (e.g., inviting “guest” lecturers, organizing demonstrating system).

Реформирование российского образования привело к образованию пула федеральных и научно-исследовательских университетов из числа лучших российских вузов. Перспективы развития высшего образования в регионах связаны с возможностью формирования опорных университетов. Экспертный совет Минобрнауки определил 11 региональных вузов, на базе которых будут созданы опорные университеты. В это число вошел Тюменский государственный нефтегазовый университет, объединившийся по условиям конкурса с Тюменским архитектурно-строительным университетом. В результате слияния образован Тюменский индустриальный университет (ТИУ).

Главной задачей ТИУ должно стать реформирование системы политехнического и, в особенности, нефтегазового образования в целях обеспечения региона инженерными кадрами, способными осуществить четвертую индустриальную революцию. При формировании программы развития исследовались лучшие зарубежные практики в сфере высшего образования. В рамках данной работы при выборе вузов-бенчмарков наибольшую значимость имел производственный профиль вузов и его связь с решением задач региона. Выбор был осуществлен с учетом того, что вуз должен быть расположен в городе, являющемся: 1) нефтяной столицей региона, такой же, как и Тюмень; 2) крупным студенческим центром, но не главным городом государства. В университете, выступающем в качестве бенчмарка, должны быть сформированы школы геологии и инженерные школы, численность студентов университета сопоставима с ТИУ (порядка 15 тыс. человек). Вуз должен готовить кадры для крупных корпораций региона, в том числе нефтегазовых.

В качестве вуза-бенчмарка был выбран один из британских университетов, дипломы которого признаются в Российской Федерации [1]. Привлекательными характеристиками этого вуза для ТИУ являются:

- достойная позиция в международных рейтингах вузов THE и QS (должен входить в 200 лучших университетов);
- высокая доля магистров и аспирантов (более 25% от числа обучающихся);
- высокая доля иностранных студентов (более 30%);
- соответствие исследовательских работ вуза мировым стандартам качества;
- присуждение сотрудникам университета Нобелевских премий.

Сравнение образовательных технологий в выбранном британском университете и ТИУ позволило выявить преимущества первого, связанные, в первую очередь, со структурой программ по направлению инжиниринг и степенью информатизации преподаваемых дисциплин. Так, например, по основам проектирования и вычислений в инженерной практике (курс рассчитан на студентов второго года обучения по направлению механического и гражданского инжиниринга) 6 недель практических занятий проводится в среде «Матлаб», 3 недели в программе «Солидворкс» и 1 неделя в «Спруткам».

Программа «Солидворкс» позволяет проектировать двух- и трёхмерные твёрдые тела по отдельности и в комплексе, а также жидкости в замкнутом объёме, с дальнейшим моделированием нагрузок и деформаций. Разработки студентов из Солидворкс загружаются в программу «Спруткам», где пользователь выбирает станок для производства детали из заготовки, задаёт операции и расположение инструмента, чтобы получить объект нужного размера и формы. Студенты имеют возможность наглядно увидеть в лаборатории работу станка в соответствии с созданными ранее операциями в «Спруткам». Программа «Матлаб» используется очень активно на многих общепрофессиональных и специальных дисциплинах – как один из важных инструментов для закрепления материала. Например, курс динамики в британском университете сначала предусматривает решение задач без информационных технологий, а затем решение задач в среде «Матлаб» с обращением к функциям интегрирования дифференциальных уравнений – и ко всему пройденному лекционному материалу. Таким образом, бакалавр университета, выбранного в качестве бенчмарка, заканчивает обучение, будучи знакомым с различным программным обес-

печением, основами программирования и трёхмерного моделирования. Британский университет, по сравнению с российским, формирует в своём выпускнике более сильные адаптационные качества для мира компьютеризированной техники. Поскольку передовая инженерная мысль сейчас говорит на английском языке и языке кодирования, то задача трансформируемого российского вуза – разрушить для своего выпускника лингвистический барьер перед ресурсами нового знания.

Современный инженер существует в эпоху пятого технологического уклада, живёт в условиях глобализации экономики, миграции населения, открытых интернет-пространств, доступа к достижениям всего мира. Этот безграничный, непрерывно пополняющийся ресурс опыта позволяет заимствовать и применять лучшие практики. Прежние приоритеты ментальности инженера уходят в прошлое вместе со стареющим поколением техники и технологий. Ментальность инженера нового поколения предполагает: 1) гибкость ума; 2) высокую восприимчивость и стремление к новым знаниям; 3) способность отказываться от прежних представлений и опыта, выступающего в качестве балласта; 4) владение иностранными языками и программированием; 5) коммуникабельность и умение работать в команде для достижения общей цели.

Реформирование политехнического образования следует начинать, во-первых, с повышения уровня информационной культуры, поскольку отставание России от развитых стран мира в становлении пятого технологического уклада во многом обусловлено недостаточным формированием его ядра, включающего, в том числе, вычислительную технику, программное обеспечение и информационные услуги [2]. Вуз, выбранный в качестве бенчмарка, ежегодно тратит 2,8 млн. фунтов стерлингов на работу библиотеки, из них 300 тыс. фунтов расходуется на доступ к базам данных. Университет владеет лицензиями на программное обеспечение, в размере, достаточном для покрытия потока одновременно работающих в классе студентов – от 30 лицензий на каждую программу.

Вторым важным компонентом системы реформирования политехнического образования должна стать успешная кадровая стратегия, обеспечивающая достижение целей, предусмотренных Болонским процессом: прозрачность, качество, рост, эффективность и мастерство [3]. Для обеспечения высокого качества в вузе-бенчмарке используется модульная система и технология приглашения «гостей» – специалистов из компаний,

компетентных в узких вопросах. Компании в целях рекламы отпускают своего сотрудника, который демонстрирует уровень владения материалом, требуемый для работы. Например, в курсе, посвящённом подводным добывающим системам, для магистрантов второго года обучения, «гостями» из компаний проводится каждая вторая-третья лекция.

Кроме того, достаточно продуктивной показывает себя система демонстраторов на практических занятиях. Курс предмета не читается одним и тем же педагогом. Во главе курса стоит координатор – как правило, основной лектор, который осуществляет набор лекторов и демонстраторов на курс, стыковку теоретических блоков и практических заданий между собой. Демонстраторы – это привлечённый персонал без научной степени из аспирантов, магистрантов или даже студентов-бакалавров 4-го года обучения, компетентных в демонстрации определённого программного обеспечения или в решении задач на практических занятиях. Набор демонстраторов на курс проводится из расчёта 1 демонстратор на 30 студентов.

Контроль качества образования обеспечивается: 1) продолжительностью испытаний (экзамен проводится в течение 3-х часов); 2) привлечением к контролю за выполнением экзаменационных заданий не связанного с преподаванием курса персонала (чаще аспирантов и магистрантов); 3) анонимностью работ, представленных к проверке; 4) отражением в электронной системе результатов испытаний.

Квалификация преподавателей высшей школы в Великобритании регулируется системой пяти сфер, в которых оценивается их компетентность. Основные принципы этой системы – доступность образования для всех и глубина знания предмета. Одна из важнейших сфер – это дизайн среды обучения, в которую входят все применяемые средства обучения (тренажёры, компьютеры, программы, записи лекций и т.д.), а также безграничная поддержка от демонстраторов и лекторов. В процессе чтения предмета в середине семестра в вузе принято проводить опрос, насколько студенты довольны своим обучением на каждой отдельной дисциплине, с оценкой труда отдельных педагогов/демонстраторов по желанию студента.

Третьим элементом реформирования политехнического образования в России должно стать повышение уровня организационной культуры научной деятельности (а не только оснащение лабораторий более совершенным оборудованием). В вузе, рассматриваемом в качестве бенчмарка, сильный исследовательский компонент обеспечивается наличием особой

категории людей, которые не ведут занятия, а занимаются только исследованиями, благодаря привлечению средств по грантам.

У современного инженера нет иного выбора, как меняться вместе с эволюционными изменениями в технике и технологии, становиться быстрее и предприимчивее. И задача опорного университета – предоставить своему выпускнику эти преимущества.

Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 мая 2012 г. N 811-р г. Москва "Об утверждении перечня иностранных образовательных организаций, которые выдают документы иностранных государств об уровне образования и (или) квалификации, признаваемые на территории Российской Федерации". Режим доступа: <http://rg.ru/2012/05/25/obrazovanie-dok.html>

2. Глазьев С.Ю. Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса / С.Ю. Глазьев. – М.: Экономика, 2010. – 255 с.

3. Enders J., de Boer H.F. and Westerheijden D.F. Reform of Higher Education in Europe. Sense Publishers, 2011, 28 p. Режим доступа: <https://www.sensepublishers.com/media/871-reform-of-higher-education-in-europe.pdf>

*R.A. Mamadaliev, V. N. Kuskov, A.A. Popova (P.A. Мамадалиев,
В.Н. Кусков, А.А. Попова)*

Tyumen Industrial University, Tyumen

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE WELDING OF STAINLESS STEEL FOR PIPES AND RESERVOIRS (СПРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВАРКИ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ ДЛЯ ТРУБ И РЕЗЕРВУАРОВ)

Аннотация

В работе сравнивается сварка пластин сталей 12X18H10T и 20X13 с использованием традиционного выпрямителя ВДУ-506 и инвертора Handy TIG 180 AC/DC Control Pro при силе сварочного тока 60, 80, 100, 120 А. Использовали электроды ЦЛ-9, УОНИ-13\НЖ, ОЗЛ-6, ОК 76.35, ОЗЛ-8, ОК-61.30 и Feji ER-308. Приведены цифровые показатели перехода легирующих элементов в наплавленный металл. Тип источника питания прак-

тически не влияет на степень перехода легирующих элементов в наплавленный металл за исключением использования электродов ЦЛ-9.

The paper compares welding of 12H18N10T and 20H13 steel plates by using a conventional VDU-506 electronic arc welder and a Handy TIG 180 AC/DC Control Pro inverter at welding amperage of 60, 80, 100 and 120 A. The following electrodes were used: CL-9, UONI-13\NZh, OZL-6, ОК 76.35, OZL-8, ОК-61.30 and Feji ER-308. Numerical indicators of alloying elements transition into the weld metal are given. The type of the heat source has almost no influence on the extent of alloying elements transition into the weld metal apart from using CL-9 electrodes.

Для хранения и транспортировки агрессивных жидкостей в нефтегазовой отрасли используют коррозионностойкие стали, например: 12Х18Н10Т и 20Х13. Необходимо узнать насколько полно легированные элементы будут переходить в наплавленный металл. Пластины указанных сталей толщиной 8 мм сваривали встык, используя традиционный выпрямитель ВДУ-506 и инвертор Handy TIG 180 AC/DC Control Pro при силе сварочного тока 60, 80, 100, 120 А.

Сейчас преобразователями частоты в источнике питания при сварке служат уже не тиристоры и не транзисторы, а модули IGBT, отличающиеся высокой надежностью и быстродействием, что позволяет достичь частоты преобразования 50 кГц.

О явном преимуществе инверторных источников питания говорит ежегодно растущая доля их выпуска в общем объеме оборудования этого назначения. Высокий коэффициент полезного действия – 85 – 95 %, коэффициент мощности - 0,99. Минимальный расход дефицитных электротехнических материалов. Широкий диапазон регулирования параметров режима - от нескольких ампер до сотен и тысяч. Продолжительность нагрузки источников питания в рабочем диапазоне режимов сварки – до 80 %.

Химический состав исходных пластин, наплавленного металла, электродного стержня и покрытия (табл. 1 – 4) определяли с помощью прибора X-MET 5000, предназначенного для анализа металлов по ходу плавки, подготовки шихтовых материалов, входного контроля металлопроката и готовых изделий, контроля качества продукции, подтверждающего контроля марок сталей и сплавов, при ремонтно-технических работах и диагностике, для разбраковки металлолома любых групп.

Таблица 1

Химический состав электродной проволоки

Марка электрода	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Nb, %	S, %	P, %
ОК 76.35	0,09	0,11	0,5	0,03	–	–	0,011	0,010
ОЗЛ-6	0,09	0,7	1,42	20,9	11,51	0,52	0,015	0,010
УОНИ-13\НЖ	0,11	0,09	0,64	10,45	0,4	-	0,025	0,030
ЦЛ-9	0,08	0,36	1,71	17,0	11,0	0,9	0,010	0,020
Feji ER - 308	0,06	0,5	2,04	18,95	9,77	0,01	0,02	0,03
ОК 61.30	0,05	0,05	2,03	19,55	9,66	0,02	0,01	0,02
ОЗЛ - 8	0,6	1,0	1,92	17,58	8,33	0,01	0,018	0,025

Таблица 2

Химический состав электродных покрытий

Марка электрода	Si, %	Mn, %	Cr, %	Mo, %	Ca, %	Ti, %	V, %	Fe, %
ОК 76.35	0,6	3,1	8,5	0,89	28,97	7,7	0,084	8,5
ОЗЛ-6	1,44	3,67	3,0	0,07	32,97	3,24	0,074	6,2
УОНИ-13\НЖ	2,1	9,4	21,08	1,08	21,76	6,9	0,09	40,0
ЦЛ-9	0,87	9,4	25,19	0,87	33,08	8,9	0,075	38,18
Feji ER - 308	0,8	4,94	15,95	0,19	25,0	21,03	0,93	27,33
ОК 61.30	1,5	4,69	17,16	0,35	20,0	7,01	1,03	41,07
ОЗЛ - 8	1,6	2,56	2,5	0,02	30,0	4,10	0,05	1,86

Содержание хрома в наплавленном металле составляет от 5,6 % при использовании электродов ОК 76.35, до 21,5 % - в случае ОЗЛ-6, никеля – от 0,41 до 11,2, что соответствует требованиям ГОСТов, а марганца – от 0,4 до 2,7 %.

При этом выгорание марганца и титана достигает 30 – 50 % от общего количества, хотя величина уменьшения концентрации указанных элементов 0,3 и 0,2 % соответственно. Никель в наплавленном металле незначительно (на 5 %) увеличивается. Он переходит как из электродного покрытия, так и из стержня, в которых суммарно его больше, чем в

основном металле. Количество хрома в наплавленном металле уменьшается незначительно (1,5 %). Это практически сравнимо с погрешностью измерений. Изменение концентрации кобальта, ванадия и меди также находятся в пределах погрешности измерений. Тип источника питания практически не влияет на степень перехода легирующих элементов в наплавленный металл за исключением использования электродов ЦЛ-9. В этом случае содержание элементов в шве при сварке с выпрямителем ВДУ-506 на 0,3 – 1,3 массовых процентов выше.

С увеличением эффективной тепловой мощности степень перехода легирующих элементов в наплавленный металл изменяется в пределах погрешности измерений за исключением сварки электродами ЦЛ-9 и ОЗЛ-8. В этих случаях различие концентрации может достигать 4,6 %.

Максимальное содержание хрома в наплавленном металле при сварке пластин из стали 12Х18Н10Т наблюдали в случае использования электродов ОК 61.30 и Feji ER -308, а при соединении пластин из стали 20Х13, когда применили электроды ОЗЛ - 6.

Таблица 3

Содержание легирующих элементов в наплавленном металле

№	Электрод	Св. ток, А	Химический состав наплавленного металла, %						
			ВДУ-506			Handy TIG 180 AC/DC			
			Cr	Ni	Mn	Cr	Ni	Mn	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2	Feji ER -308	60	18,28	9,56	1,19	18,18	9,76	1,1	
3		80	18,36	9,86	1,02	18,60	9,9	1,01	
4		100	18,31	9,82	0,94	18,55	9,88	0,9	
5		120	18,25	9,76	0,8	18,70	9,6	0,8	
6	ОЗЛ - 8	60	17,2	8,97	1,69	17,29	9,11	1,46	
7		80	17,14	8,54	1,92	17,08	8,41	1,92	
8		100	17,18	8,43	1,99	18,50	8,29	1,95	
9		120	17,3	8,3	1,8	18,30	8,5	2,3	
1	ОК 61.30	60	19,16	9,75	0,78	19,42	9,59	0,8	
1		80	18,82	9,65	0,85	18,77	9,5	0,85	
1		100	18,75	9,68	0,88	19,2	9,65	0,85	
1		120	18,66	9,72	0,9	18,07	9,74	0,89	
1	УОНИ	-	60	12,67	0,48	0,45	13,14	0,38	0,38
1	13\НЖ	-	80	13,1	0,46	0,45	12,84	0,39	0,41

1		100	13,06	0,41	0,41	12,54	0,41	0,42
1		120	13,2	0,43	0,4	12,40	0,4	0,44
1	ЦЛ - 9	60	17,49	9,8	1,17	16,16	9,2	0,86
1		80	16,26	10,3	1,03	15,11	9,5	0,67
2		100	13,50	10,5	0,58	12,5	10,4	0,26
2		120	12,30	11,2	0,65	12,2	10,2	0,3
2	ОЗЛ - 6	60	21,52	4,9	2,3	18,81	8,67	1,75
2		80	21,13	5,25	2,67	18,07	8,5	1,6
2		100	19,98	6,02	2,04	17,90	8,45	1,3
2		120	19,50	6,07	1,6	17,60	8,5	1,4
2	ОК 76.35	60	6,5	2,9	0,81	6,6	3,2	0,86
2		80	5,9	3	0,9	5,96	3,19	1
2		100	5,61	3,1	0,85	5,71	3,13	0,95
2		120	5,7	3,4	0,7	5,6	3,12	0,9

V.A. Nasakin (B. A. Насакин)

FEFU, Vladivostok

**REDUCTION OF CAPITAL COSTS ON A PLANTS FOR LIQUEFYING
NATURAL GAS OF PLATFORMS OPERATING IN THE ARCTIC
SHELF CONDITIONS (СНИЖЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ
УСТАНОВОК СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ПЛАТФОР-
МАХ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО
ШЕЛЬФА)**

Аннотация

Изобретение и его полезная модель для реализации относится к газовой промышленности, и в частности, к сжижению природного газа (ПГ). Предназначена для использования на плавучих и на наземных промысловых установках сжижения ПГ, поскольку позволяет применять взрывопожаробезопасный хладагент - двуокись углерода, компенсировать пульсации дебета скважин за счёт аккумуляции энергии холода в испарительной системе, с возможностью снижения капитальных затрат при строительстве установки и повышения эффективности холодильного цикла.

Криогенный теплообменник является одной из основных статей капитальных затрат в установке сжижения газа и потому его массогабаритные показатели пытаются снизить различными способами. Одним из наиболее рациональных подходов к снижению массогабаритных показателей и, соответственно, стоимости криогенного теплообменника является предварительное снижение температуры ПГ в отдельной холодильной установке.

Известен способ, охлаждения ПГ перед его подачей в криогенный теплообменник [1] В данном способе ПГ перед его подачей в криогенный теплообменник охлаждается двуокисью углерода (CO_2), которая не поддерживает горения и, более того, используется, как средство для тушения пожаров. Однако, при этом, использование данного способа позволяет охладить ПГ перед его подачей в криогенный теплообменник только до температуры -37°C , так как предельно низкая температура кипения CO_2 в испарителе холодильной установки, согласно данного способа, составляет -40°C .

Предлагается снизить параметры процесса кипения двуокиси углерода в испарителе до координат тройной точки (давление и температуру).

Теплота парообразования двуокиси углерода в координатах тройной точки ($-56,6^\circ\text{C}$; 5,18 бар) равна 348 кДж/кг, льдообразования – 196 кДж/кг, в результате чего при парообразовании 1 кг жидкой двуокиси углерода в резервуаре, в котором проходит данный процесс, образуется 1,8 кг льда.

Известно, что при кипении чистого (индивидуального) вещества, в координатах тройной точке, в ней начинает возникать твёрдая фаза. Известно, что подобным образом ведут себя не только чистые вещества, но и растворы.

Следует обратить внимание, что в отличие от водного льда, лёд двуокиси углерода тонет в жидкости, так как жидкость двуокиси углерода имеет плотность в тройной точке 1100 кг/м^3 , а лёд – 1560 кг/м^3 .

Процесс кипения жидкой CO_2 в координатах тройной точки, с образованием и дальнейшим накоплением её льда в нижней части циркуляционного ресивера, практически реализован в холодильной установке университета города Окауама [2] При этом, лёд образуется во всём объёме кипящей жидкости, так как центрами его образования и приёмниками его тепловой энергии являются пузырьки пара CO_2 , также зарождающиеся и растущие во всём объёме кипящей жидкости. Данное

обстоятельство объясняет причину формирования льда в жидкой CO_2 , кипящей в координатах тройной точки, в виде мелкодисперсной фазы суспензии, дисперсионной средой которой, является кипящая жидкость.

Разработанные в холодильной отрасли методики позволяют проводить гидравлические расчёты по определению падения давления в трубопроводах при перекачивании по ним 2-х фазных мелкодисперсных систем жидкость - лёд, определять оптимальную скорость их движения и диаметры трубопроводов. Приведённая на рисунке 1 номограмма позволяет определить область применения турбулентной модели транспорта дисперсных систем по трубопроводам [3]

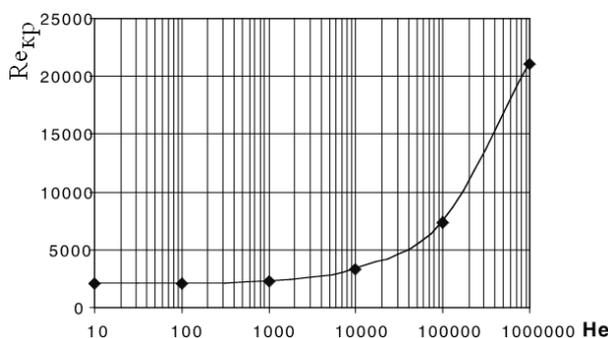
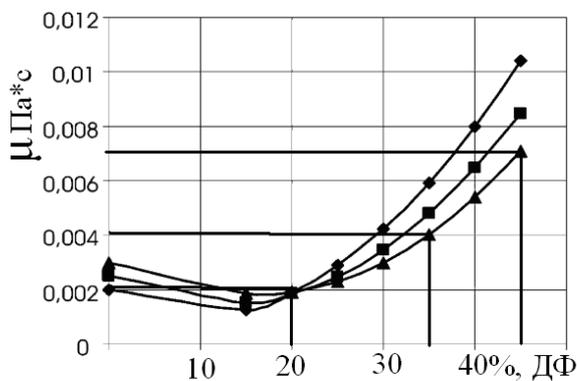


Рис. 1. Номограмма определения $Re_{кр}$ по значению числа Ne

На рисунке 2 приведена номограмма, иллюстрирующая зависимость вязкости суспензий от размера дисперсной фазы и её соотношения с дисперсионной средой, которая позволяет определить динамическую вязкость льдосодержащей суспензии на основе CO_2 , имеющего вязкость в пределах 0.2-1.0 Па*с, с различным содержанием дисперсной фазы и размерами её частиц.



Размеры частиц дисперсной фазы: 100 мкм - ◆ 50 мкм - ■ 20 мкм - ▲

Рис. 2. Номограмма определения динамической вязкости суспензии, в зависимости от размера частиц дисперсной фазы и её содержания [4]

Посредством числа Хендстрема (1), величина которого определяется из реологических свойств транспортной жидкости, определяется критическое значение числа Рейнольдса, выше которого суспензия перемещается по трубопроводам в турбулентном режиме. Турбулентный режим транспортировки позволяет значительно снизить гидравлическое сопротивление, по сравнению с использованием ламинарного режима.

$$He = \frac{\rho D^2 \tau_o}{\mu^2}, \quad (1)$$

где ρ – суспензии, кг/м³;

D – внутренний диаметр трубопровода, м;

τ_o – напряжение сдвигу, Па;

μ – динамическая вязкость суспензии, Па*с.

Напряжение сдвигу определяется по формуле

$$\tau_i = 0.00059 \cdot \tilde{N}^3 - 0.00701 \cdot \tilde{N}^2 + 0.02498, \quad (2)$$

где C – концентрация частиц дисперсной фазы в суспензии.

Напряжение сдвигу, в пределах значений применяемых концентрации дисперсной фазы в суспензии (C), находится в диапазоне 0.024-0.025.

$$\tau_i (\tilde{N}=0.2) = 0.00059 \cdot 0.2^3 - 0.00701 \cdot 0.2^2 + 0.02498 = 0.025 \dot{I} \dot{a}$$

$$\tau_i (\tilde{N}=0.45) = 0.00059 \cdot 0.45^3 - 0.00701 \cdot 0.45^2 + 0.02498 = 0.024 \dot{I} \dot{a}$$

Число Рейнольдса определяется по формуле №3

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}, \quad (3)$$

где ρ – плотность суспензии, кг/м³;

D – внутренний диаметр трубопровода, м;

V – скорость суспензии, м/с;

μ – динамическая вязкость суспензии, Па*с.

Коэффициент трения при турбулентном движении суспензии определяется по формуле 4

$$\lambda \dot{\delta} = \frac{4 \cdot 10^\alpha}{Re^{0.193}}, \quad (4)$$

где – Re – число Рейнольдса;

$\alpha = -1.378[1 + 0.14 \exp(-2.9 \cdot 10^{-5} Re)]$ - полуэмпирический коэффициент, который в зависимости от наблюдаемых, при проводимых исследованиях, значений числа Re меняется в пределах -1,38...-1,39.

$$\alpha = -1.378[1 + 0.14 \exp(-2.9 \cdot 10^{-5} \cdot 450\,000)] = -1,38$$

$$\alpha = -1.378[1 + 0.14 \exp(-2.9 \cdot 10^{-5} \cdot 100\,000)] = -1,39$$

Падение давления определяется уравнением Дарси-Вейсбаха 5

$$\Delta p = \lambda_D \cdot \left(\frac{L}{D} \right) \cdot \left(\frac{\rho V^2}{2} \right), \quad (5)$$

где Δp – падение давления в трубопроводе, Па;

λ_D – коэффициент трения;

L – длина трубопровода, м;

D – внутренний диаметр трубопровода, м;

ρ – плотность суспензии, кг/м³;

V – скорость движения суспензии, м/с.

Из вышеизложенного следует, что концентрация частиц дисперсной фазы в суспензии практически не влияет на её реологические свойства, в то время как влияние скорости и диаметра трубопровода существенно.

Таким образом, использование 2-х фазного хладагента позволит не только снизить тепловую нагрузку на криогенный теплообменник за счёт снижения температуры ПГ на его входе ниже -50°С и, соответственно, его массогабаритные показатели, но и снизить площадь теплообменной поверхности в испарителе углекислотной холодильной установки, за счёт повышения коэффициента его теплопередачи при переходе с однофазной жидкой CO₂, как хладагента, на 2-х фазную дисперсную систему жидкость – лёд, а также производительность компрессора, который возможно будет подбирать не по пиковым нагрузкам на испаритель, а по средним, за счёт аккумуляции в нём энергии холода, которая обусловлена кристаллизацией хладагента.

Литература:

1. Patent CA 2701981 A1. [M. Roberts](#), [V. Anandswarup Varma](#). [Air Products And Chemicals, Inc.](#) 2010
2. Hideo INABA, The current trends in research and development on phase change material slurry. Dept of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Okayama University, 2013. Pp. 25 – 29
3. J.W.Meewisse, C.A.Infante Ferreira. Optimal Properties of Ice Slurries in Secondary Cooling Systems. 2000. p.8
4. Kianovski A., Vuarnoza D., Ata-Caesar D., Egolf P.W. The fluid dynamics of ice slurry. Danish Technological Institute (DTI), Denmark. 2004.

E.V. Niskovskaya, S.F. Solomennik, A.V. Nikitina, E.G. Avtomonov
(*Е.В. Нисковская, С.Ф. Соломенник, А.В. Никитина, Е.Г. Автомонов*)

FEFU, Vladivostok

**DEVELOPMENT OF MODELS FOR COMPANIES MANAGEMENT
IN OIL AND GAS SECTOR (РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ
ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ
НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА)**

Аннотация

Статья посвящена комплексному исследованию управления природоохранной деятельностью предприятия на базе энергосберегающих и природоохранных технологий. Выявлены особенности моделирования природоохранной деятельности по результатам энергетического и экологического аудитов.

На основе проведенного анализа работы предприятия нефтегазового комплекса выявлены основные источники и возможности энергосбережения на предприятии, энергоэффективные малоотходные и природоохранные технологии. По результатам проведенного анализа была предложена обобщенная модель управления природоохранной деятельностью предприятия нефтегазового комплекса в виде информационной картины эколого-энергетического состояния объекта.

Нефтегазовый комплекс Российской Федерации в целом относится к отрасли, характеризующейся исключительно высокой экологической опасностью, а его развитие сопровождается увеличением потребления возобновляемых и не возобновляемых природных ресурсов, и, как следствие, антропогенного загрязнения окружающей среды. Активное потребление природных ресурсов и неэффективное использование произведенной продукции, например энергии, тяжелым бременем ложится на объекты окружающей среды. Поэтому природоохранные проекты должны быть неразрывно связаны с энергосбережением. Управление деятельностью предприятия нефтегазового комплекса на основе энергосберегающих и природоохранных технологий – задача, которая вполне может быть решена.

Для моделирования системы управления природоохранной деятельностью предприятия целесообразно использовать результаты энергетического и экологического аудирования.

Задача энергоаудита – выявить источники нерациональных энергозатрат и неоправданных потерь энергии; разработать на основе технико-экономического анализа рекомендации по их ликвидации, предложить программу по экономии энергоресурсов и рациональному энергоиспользованию, а также определить очередность реализации предлагаемых мероприятий с учетом объемов затрат и сроков окупаемости.

Основные направления энергосбережения это:

- полезное использование (утилизация) энергетических потерь;
- модернизация оборудования с целью уменьшения потерь;
- интенсивное энергосбережение.

Достижение энергосбережения на объектах нефтегазового комплекса может быть реализовано, например, в результате применения электронных пускорегулирующих устройств при интенсивной эксплуатации электроприводов в переходных режимах. Применение синхронных двигателей, создающих в питающей сети реактивные токи, опережающие по фазе напряжение. В результате такого приема сеть разгружается от реактивной (индуктивной) составляющей тока, повышается коэффициент мощности на данном участке сети, что приводит к уменьшению тока в этой сети, и как следствие, к энергосбережению. Такие же цели преследует включение в сеть синхронных компенсаторов. Используя в синхронных двигателях режим перевозбуждения можно достичь значительного энергосбережения для всего предприятия.

Внедрение автоматизированных систем учета и контроля само по себе не дает экономического эффекта, но внедряя эту систему, потребитель получает значительный эффект за уточнение показателей потребления, и снижение платы за тепловую и электрическую энергию.

Оперативный автоматизированный контроль потребления ресурсов для производства и распределения энергии позволяет определить пиковые периоды, основные источники потерь, наметить мероприятия по их минимизации. В результате может быть достигнута экономия потребляемой энергии. Комплексная автоматизация систем производства и потребления основных энергоресурсов, систем водо-, газо- и теплоснабжения позволяет достичь значительной экономии расходуемой энергии.

Для учета количества нефти и нефтепродуктов на магистральных трубопроводах применяется широкая номенклатура технических средств, работающих на различных физических принципах и эффектах. Повыше-

ние качества работы данных узлов является одной из важных задач, решение которой способствует более эффективной эксплуатации объекта.

В сфере энергоаудита существуют проблемы отсутствия механизмов реализации, контроля и оценки эффективности рекомендованных мероприятий. Однако не стоит пренебрегать данными по потенциалу энергосбережения, как в натуральном, так и в денежном выражении.

Экологический аудит необходим для получения независимой оценки соблюдения предприятием требований к ведению хозяйственной деятельности на основе нормативно-правовых документов в области охраны окружающей среды и подготовка рекомендаций по планированию экологической деятельности. Цели и задачи экологического аудита: обоснование политики и стратегии в области охраны окружающей среды; анализ и оценка экологических аспектов хозяйственных и иных проектов; анализ и оценка нормативных актов в области охраны окружающей среды; обоснование и инициация экологических проблем производства и территорий.

Результатами экологического аудита является комплексная оценка деятельности предприятия, изучение работы технологического оборудования на объектах, оценка потребностей в экологически значимой информации, выявление масштабов и видов загрязнения на объектах, анализ и оценка экологических аспектов хозяйственных и других проектов.

Природоохранная деятельность на объектах нефтегазового комплекса с позиций включения в производственный цикл может быть реализована в виде организационных мероприятий, технологических процессов в совокупности со специальными объектами и сооружениями, в том числе направленными на рекуперацию, а также системой экологического мониторинга.

Основными объектами модели управления природоохранной деятельности предприятия являются: объекты энергообеспечения, технологические объекты основного производства и объекты вспомогательного и подсобно-хозяйственного назначения.

Энергоэффективные малоотходные технологии представлены блоками интенсивного энергосбережения и утилизации вторичных энергетических ресурсов и отходов.

После проведения энергетического и экологического аудитов, оптимизации энергопотребления и технологий производства можно построить информационную картину эколого-энергетического состояния предприятия.

Литература

1. Климов С.Л., Закиров Д.Г. Энергосбережение и проблемы экологической безопасности в угольной промышленности России. – М.: Изд. Академия горных наук, 2011. – 267 с.
2. Шаммазов А.М., Александров А.И., Гольянов А.И., Коробков Д.Е., Мастобаев В.Н. Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций. М.: Недра, 2003. – 403 с.
3. Мозгова А.С. Механизм повышения эффективности предприятий нефтегазового комплекса с использованием энергоаудита// *Transport Business in Russia*, № 6, 2013 г.

*R.A. Novikov, O.V. Makovetskii, V.V. Slesarenko (P.A. Новиков,
O.B. Маковецкий, B.B. Слесаренко)*

FEFU, Vladivostok

PREPARATION OF FUEL GAS IN THE VORTEX DEVICES FOR POWER PLANTS (ПОДГОТОВКА ТОПЛИВНОГО ГАЗА В ВИХРЕВЫХ АППАРАТАХ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК)

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы, связанные с подготовкой паровоздушной смеси, содержащей легкие фракции нефти, для использования в качестве топлива для газовых двигателей. Изложены подробные сведения о конструкции и принципах работы установки рекуперации паров углеводородов. Приведена схема установки и параметры компонентного состава перерабатываемой паровоздушной смеси. Описаны технологические процессы подготовки топливного газа.

Введение

Паровоздушная смесь легких фракций нефти (ПВС) является опасным источником пожароопасной обстановки на нефтегазовых объектах. Важным аспектом, объясняющим необходимость утилизации ПВС является выполнение требований технического регламента ЕС 94/63EG к выбросам органических соединений в атмосферу[1].

Утилизируя ПВС, можно получать электроэнергию, тепло, сжиженный газ для отопления, моторные топлива, высокооктановые добавки и растворители, удобрения и другие продукты переработки.

К потребляемому газовыми двигателями (ГД) топливному газу предъявляются жесткие требования [2]: ограничены температура конденсации, необходимое метановое число, содержание влаги и др. Эти требования трудно выполнить малозатратными методами. Поэтому очень важным в решении подобных вопросов является выбор технологических процессов утилизации и переработки ПВС, приемлемых для промышленного использования.

В настоящее время существуют установки и технологии, позволяющие не только снизить объемы выбросов паров нефтепродуктов, но и вернуть часть углеводородов в виде топливного газа для использования на энергетических установках. Одним из таких решений является применение вихревых труб, реализующих эффект Ранка-Хилша [3,4,5].

Объект и задача исследования

В Приморском крае в ООО «Спецнефтепорт Козьмино» (г. Находка) на технологическом объекте для рекуперации ПВС используется установка рекуперации паров (УРП) адсорбционного типа фирмы «CardoVac». Установка имеет производительность 19500 м³/ч и включает 8 адсорберов с активированным углем. Загрузочным объемом каждого адсорбера по 84 м³. В состав УРП входит колонна-абсорбер объемом 75 м³, заполненный металлической набивкой, 24 вакуумных насоса производительностью 2500 м³/ч, насос откачки абсорбента производительностью 400 м³/ч, вентилятор производительностью 17500 м³/ч, свеча рассеивания высотой 25 м, система КИП, автоматики и АРМ. В настоящее время отгрузочная производительность ООО «Спецнефтепорт Козьмино» увеличена с 15 до 30 млн. тонн нефти в год. Для снижения вредных выбросов ПВС и увеличения производительности на УРП выполнена модернизация. Однако, как показали испытания УРП, при некоторых режимах возможны ненормативные выбросы паров углеводородов в атмосферу.

Для оптимизации работы действующей УРП необходимо снизить концентрацию паров углеводородов в утилизируемой смеси в 1,5 – 2 раза. Такая задача может быть решена при использовании различных газодинамических и термических методов обработки ПВС, например, за счет

охлаждения и конденсации паров, вихревой сепарации, подготовки топливного газа для ГД и др.

Предлагаемые решения

Ранее в работах [6,7] была предложена схема модернизации действующей УРП с включением в структуру установки дополнительного узла, включающего трехпоточную вихревую трубу (ТВТ). Так же в схеме УРП предполагалось использовать две газотурбинные установки.

По предлагаемой схеме (рис.1) ПВС, отводимая из танков 5 при загрузке судов нефтью, перед подачей в абсорбционную УРП (1-3) сжимается в компрессоре 6 до давления 0,6 МПа. Далее смесь через аппарат воздушного охлаждения 7 поступает в ТВТ 9. Эффект Ранка-Хилша, реализуемый в вихревой трубе, обеспечивает разделение ПВС на нагретый и холодный потоки газа.

При понижении температуры паровоздушного потока водяные пары и часть низкокипящих компонент паров нефти конденсируются. Конденсат отводится из ТВТ в конденсатосборник 11. Холодный поток 15 паровоздушной смеси направляется из ТВТ в теплообменник 8 для охлаждения входящего в трубу потока 14. Горячий поток 16, делится на два потока для подачи в газотурбинные установки 20 и 21 через компрессоры.

Дополнительная мощность, требуемая для привода компрессора перед ТВТ, составляют 0,5 – 0,6 кВт на тысячу куб. метров ПВС. С учетом большого расхода ПВС энергопотребление ООО «Спецнефтепорт Козьмино» за счет затрат электроэнергии на привод центробежных компрессоров 6 значительно возрастет.

Повышения затрат на закупку электроэнергии на объекте можно избежать, если в качестве привода компрессоров 6 применить ГД 20. Дополнительное количество электроэнергии будет выработано на генераторах энергетической установки 21. Эту электроэнергию можно тратить на собственные нужды ООО «Спецнефтепорт Козьмино».

Одной из проблем при реализации такой схемы модернизации УРП является подготовка топливного газа для ГДиз ПВС, имеющей низкую теплоту сгорания.

ПВС, поступающая из танкера на установку с ТВТ, имеет в своем составе некоторое количество инертных газов. Значения компонентного состава смеси инертных газов приведены в таблице 1.

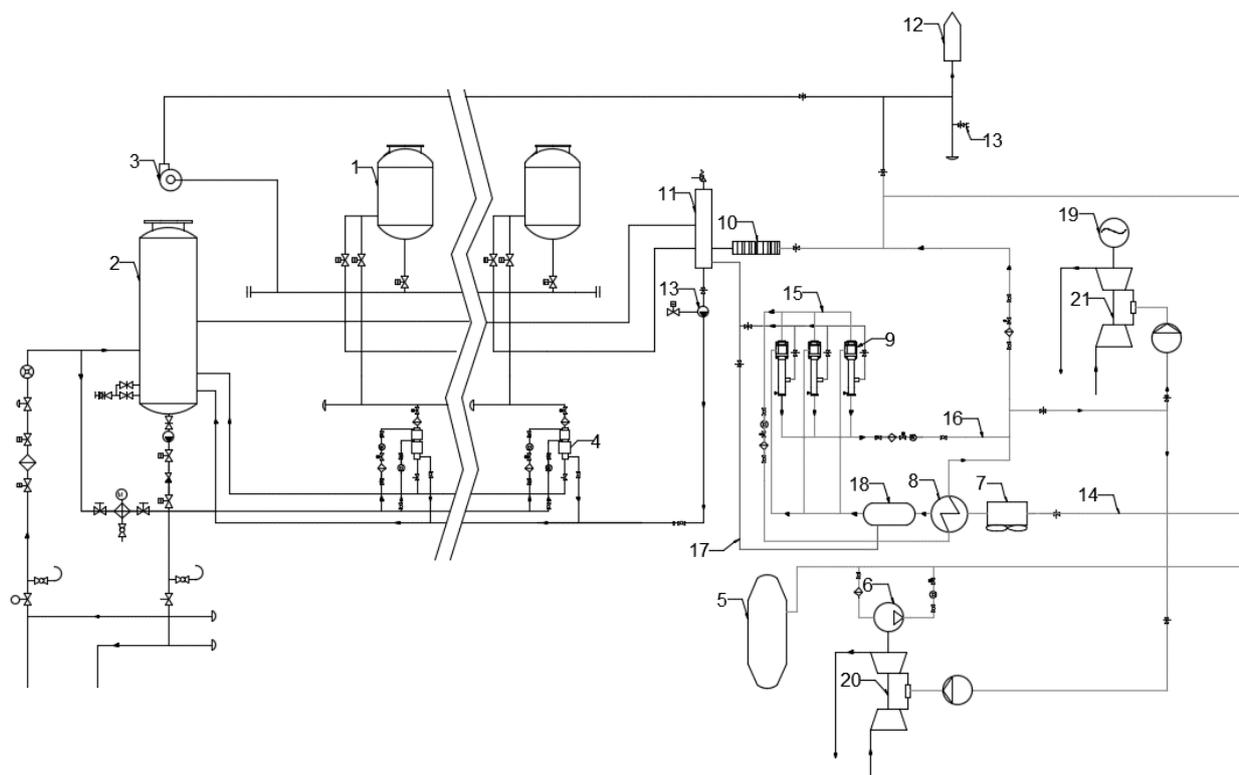


Рис. 1. Технологическая схема УРП с ТВТ и ГТУ:

узел действующей УРП (1 – адсорберы, 2 – абсорбер, 3 – воздуходувка, 4 – вакуумные насосы, 5 – танкер, 10 – огнепреградитель, 11 – конденсатосборник, 12 – свеча рассеивания, 13 – откачка конденсата), дополнительный узел с вихревой трубой и ГД (6 – турбокомпрессоры, 7 – АВО, 8 – теплообменник, 9 – ТВТ, 14 – сжатый паровоздушный поток, 15 – холодный поток из ТВТ, 16 – нагретый поток из ТВТ, 17 – линия отвода конденсата, 18 – сепаратор, 19 – генератор, 20 и 21 – ГТУ 1 и 2 соответственно)

Таблица 1

Компонентный состав смеси инертных газов

Компонент	Уровень эмиссии г/м ³	Объемная доля %
Азот	999	80
Диоксид углерода	343	14-15
Кислород	57	4
Диоксид серы	28	0,5-1

В связи с тем, что после завершения выгрузки нефти в грузовых танках судов присутствуют смеси углеводородных газов с воздухом, которые являются взрывоопасными, защита танков от взрыва обеспечивается путем введения в них инертного газа. Инертный газ обеспечивает поддержание в грузовых танках атмосферы с низким содержанием кислорода, а также снижает концентрацию углеводородных газов до безопасных пределов.

Для использования ПВС в качестве топлива смесь необходимо очистить от инертных газов. Применение в схеме ТВТ может обеспечить удаление инертных газов через холодный поток, который поступит на действующую адсорбционную УРП.

Очищенная смесь, после отделения инертных газов, выходит из вихревой трубы в виде горячего потока, разделяется на две составляющие и подается в камеры сгорания ГД.

Значения компонентного состава и характеристики паровоздушной смеси (без учета инертных газов), забираемой из танкера при его загрузке, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Компонентный состав паровоздушной смеси

Компонент	Уровень эмиссии г/м ³	Объемная доля, %	Предел взрываемости, объем в воздухе, %	Удельная теплота сгорания МДж/м ³
метан	8,7	2,1	5-15	0,18
этан	34,2	4,3	3-12,5	1,28
пропан	105	7,9	2,1-9,5	5,48
и-бутан	97,9	2,1	1,7-8,4	2,48
н-бутан	78,2	4,4	1,8-8,4	5,33
и-пентан	24,7	1,1	1,4-7,8	2,1
н-пентан	27,5	1,3	1,4-7,8	2,20
пентен	1,6	0,1	14-7,8	0,2
С6+	32,2	1,4	1-6,7	3,5
Смесь	350	24,7	2-9	19,09

По расчетам суммарная удельная теплота сгорания ПВС составляет около 19 МДж/м³. Энергетический потенциал получаемого топлива при расходе до 20000 м³/час будет достаточным для работы ГД на приводе компрессоров, электроснабжения вакуумных насосов УРП, а так же обеспечит дополнительной электроэнергией объекты в нефтепорту.

Выводы

1. Подтверждена целесообразность использования трехпоточных вихревых трубы для подготовки топливного газа при условии получения за ТВТ паровоздушной смеси углеводородов с удельной теплотой сгорания 15 – 20 МДж/м³.

2. Положительный результат расчетов ТВТ и свойств ПВС позволяет рекомендовать разрабатываемую технологию для модернизации установки рекуперации паров на ООО «Спецнефтепорт Козьмино», а так же и для применения на нефтебазах и других нефтепортах.

3. Применение дополнительного узла с газотурбинными двигателями и вихревой трубой в структуре УРП будет способствовать повышению энергетической, технологической и экологической безопасности объектов нефтегазового комплекса.

Литература

1. Директива 94/9 ЕС европейского парламента и совета от 23 марта 1994 г.

2. ГОСТ 10433-75. Топливо нефтяное для газотурбинных установок.

3. Исхаков Р.М., Николаев В.В., Жидков М.А., Комарова Г.А. Применение ТВТ для конденсации тяжёлых углеводородов из попутного нефтяного газа // Газовая промышленность. – 1998. - № 7. – С. 42-43. 3.

4. Жидков М.А., Девисилов В.А., Жидков Д.А., Гусев А.П., Рябов А.П. Трехпоточные вихревые трубы – экологически значимая альтернатива сжиганию попутного нефтяного газа на факелах // Безопасность в техносфере. – 2013. №3. – С.19-27.

5. Мерукулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. – М.:Машиностроение, 1969. – С.58-62.

6. Власенко В.С., Слесаренко В.В. Трехпоточная вихревая труба как инструмент подготовки паров нефтепродуктов к рекуперации // Материалы VI Международного студенческого научного форума. – 2014.<http://www.scienceforum.ru/2014/368/551>.

7. Власенко В.С., Слесаренко В.В., Шкредов Д.Н. Разработка установки с трехпоточной вихревой трубой для рекуперации паров углеводородов // Нефть и газ: Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала) – М.: Издательство «Горная книга». – 2014, - №ОБ4. С.82-93. ISSN 0236-1493.

*A. Obzhirov 1, R. Shakirov 1, Minami H.2, Hachikubo A.2, Shoji H.2,
Young Keun Jin3, B. Baranov 4, A. Gulkov 5*

¹V.I.II'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok

²Kitami Institute of Technology, Japan

³Korea Polar Research Institute, KIOST, South Korea

⁴Institute of Oceanology, RAS, Moscow

⁵FEFU, Vladivostok

GEOLOGICAL COMPLEX OF INVESTIGATIONS TO SEARCH METHANE FLUXES AND GAS HYDRATES IN THE OKHOTSK SEA

Abstract

Gas hydrates in the Okhotsk Sea were taken in the surface sediment in area with methane flux.

The first methane flare was found in North-East Sakhalin slope in 1988. In this area in 1991 the present gas hydrate was found in the surface layers of sediment (2-5 m under Sea floor). Since from 1988 to 2015 methane bubbles fluxes (flares) from sediment to water column increased every year and now they were found in the East Sakhalin slope and shelf of Okhotsk Sea more than 500. Methane concentration increased in 100-1000 times as well as in bottom, column and surface water and sediment in area with bubbles. Gas hydrate in surface sediment in Okhotsk Sea was found in the 17 areas. Source of methane is deep layers that contain oil-gas on hydrocarbon deposit. It is very important regularity of relationship between methane fluxes, gas hydrate and oil-gas deposit. Investigation of gas hydrate and other geological characteristic in the Okhotsk Sea was provided in frame international projects from 1998 year. These are Russian-Germany (KOMEX, 1998-2004), Russian-Japan-Korea (HAOS, 2003-2006 and SAKHALIN, 2007-2012 and 2013-2017). Thus, complex investigations with international cooperation allow us to discover methane fluxes, gas hydrate and to find much regularity to form and to destroy gas hydrate in the Okhotsk Sea. There is show that it is present relationship between methane fluxes, gas hydrate and oil-gas deposit.

*М.А. Pavlychenko, E.V. Niskovskaya, P.A. Sokolova (М.А. Павлыченко,
Е.В. Нисковская, П.А. Соколова)*

FEFU, Vladivostok

**LIQUIDATION OF OIL POLLUTION IN THE ARCTIC AND
ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL DAMAGE OF COASTAL
AREAS (ЛИКВИДАЦИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В АРКТИКЕ
И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИБРЕЖНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ)**

Аннотация

Статья посвящена актуальной проблеме загрязнения Арктических территорий ликвидации разливов и оценке ущерба, нанесенного окружающей среде прибрежных территорий. На основе проведенного анализа выявлены механизмы перемещения нефтяного пятна и поведение нефтяной пленки в условиях низких температур. Рассмотрены технологии ликвидации разливов в мировой и российской практике. Предлагается учитывать растекание нефти с использованием приема моделирования разливов и оценивать экологический ущерб по известным методикам.

Природно-климатические условия Арктики в значительной мере затрудняют применение имеющихся технологий и методов ликвидации последствий разливов нефти. Работа в данных условиях обусловлена значительными рисками возникновения чрезвычайных ситуаций с углеводородным сырьем (отсутствие естественного освещения, предельно низкие температуры, дрейф льда, сильные ветры, плохая видимость). Вместе с тем здесь крайне затруднительны операции по ликвидации разливов нефти либо они могут быть неэффективными.

В мировой и российской практике выделяется пять основных методов ликвидации разливов при наличии ледового покрова:

- локализация разлива и сбор разлитой нефти;
- сжигание нефти на месте разлива с использованием огнеупорных бонов;
- сжигание нефти на месте разлива в концентрированном льду;
- использование диспергентов (без дополнительного перемешивания);

– использование диспергентов (с дополнительным перемешиванием).

Перемещение нефтяного пятна в пространстве происходит за счет действия поверхностных течений и ветра. Направление дрейфа пятна определяется путем сложения векторов направления поверхностного течения и ветра. Скорость дрейфа складывается из 97-95% скорости поверхностного течения 3-5% скорости ветра.

В условиях Арктики процессы распространения нефтяного пятна и его поведение во многом отличаются от обычных условий. В этом случае возможны и проблемы и преимущества арктических условий. К проблемам можно отнести такие как, недоступность нефтяного пятна, особенно если оно переместилось под ледяной покров и относительно быстрое вмерзание нефти.

Нефтяные загрязнения прибрежных территорий не менее актуальная проблема для Арктики.

Учитывать растекание нефти можно с использованием приема моделирования разлива, при помощи уравнения неразрывности и закона фильтрации Дарси.

Площадь нефтяного загрязнения земель и водных объектов может быть определена:

- методом экспертных оценок.
- методом инструментальным.
- методом аэрофотосъемки.

Степень загрязнения атмосферы вследствие аварийного разлива нефти определяется массой летучих низкомолекулярных углеводородов, испарившихся с покрытой нефтью поверхности земли или водоема.

Литература

1. П. Попов. Арктика и ЧС с разливами нефти. – М.: «Гражданская защита», №4, 2012.
2. Ст. Поттер, Д. Дикинс. Ликвидация разливов нефти на арктическом шельфе. – М.: ExxonMobil, 2012. – 141 с.
3. Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. – М.: Наука, 1977. – 678 с.
4. Муангу Ж. Э. Р. Фильтрация из канала: Структура решения и оценка расхода // Известия Рос. академии наук. Механика жидкости и газа. – 2006. – № 1. С. 108—120.

5. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. – М., 1995. – 96 с.

6. Методические и нормативно-аналитические основы экологического аудирования в Российской Федерации: учебное пособие по экологическому аудированию // Под ред. Д.В.Климова, ч.П.- М.: Тройка, 1999.-776с.

7. Buist, I.A., S. Potter and D. Dickins. 1983. Fate and behavior of water-in-oil emulsions in ice. In: Proceedings of the 6th Arctic and Marine Oilspill Program (AMOP) Technical Seminar, pp. 263–279. Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada.

8. Sorstrom, S.E., P.-J. Brandvik, I. Buist, P. Daling, D. Dickins, L.-G. Faksness, S. Potter, J.F. Rasmussen and I. Singaas. 2010. Joint Industry Program on Oil Spill Contingency for Arctic and Ice-covered Waters: Summary Report. Oil in Ice JIP Report No. 32, SINTEF, Trondheim, Norway.

K.S. Picula, A.M. Makarenko, A.N. Gulkov (К.С. Пикула, А.М. Захаренко, А.Н. Гульков)

FEFU, Vladivostok

**ADAPTATION MECHANISMS OF BACTERIAL REFINERIES
(МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ
БАКТЕРИЙ)**

Аннотация

В этой работе подробно рассмотрено, что именно позволяет некоторым бактериям не только выживать в условиях загрязнения нефтью, но и эффективно перерабатывать этот вид загрязнений. Какие механизмы обеспечивают выживание в столь неблагоприятных условиях и какие ферменты участвуют в катаболизме нефтепродуктов. Отличительной особенностью данного исследования является анализ эффективности данных механизмов для психрофильных бактерий и моделирование подвижности белков вовлеченных в эти процессы при температурах близких 0 °С. Это позволяет разработать наиболее эффективную концепцию биоремедиации

нефтяных загрязнений в условиях Арктики. И обозначить какими генетическими модификациями должны обладать такие бактерии.

С точки зрения капиталовложений наиболее выгодным способом очистки окружающей среды от загрязнений нефтью и нефтепродуктами является биоремедиация. Этот способ исключает постоянные затраты на синтез сложных дорогостоящих реагентов, затраты на специальную технику для удаления загрязнений и оплату труда огромного количества людей. Однако, несмотря на то, что бактерии и другие микроорганизмы, способные перерабатывать загрязнения нефтепродуктами, известны достаточно давно, всё же их применение ограничено. Главным недостатком биоремедиации является длительность этого метода. Недостаточное внимание к этому вопросу привело к тому, что до сих пор нет штамма или консорциума бактерий объединяющих в себе наиболее эффективные для катаболизма нефтепродуктов ферментные комплексы.

Все механизмы адаптации микроорганизмов к жизнедеятельности в условиях загрязнения нефтепродуктами можно разделить на две основные группы. Первая это механизмы адаптации к большой загрязненности: к химическому воздействию органических жидкостей, к низкому содержанию кислорода, устойчивость к сопутствующим загрязнителям, таким как тяжелые металлы, образование инертных комплексов с окружающими загрязнителями. Вторая группа включает в себя ферментативные комплексы, участвующие в катаболизме нефтепродуктов, в основном это ферменты оксигеназы, но помимо них бывают вовлечены и трансферазы, гидролазы и лиазы.

Вполне очевидно, что первая группа адаптивных механизмов наиболее важная, так как в первую очередь микроорганизмам необходимо не погибнуть в неблагоприятных условиях. Мы рассмотрели все основные механизмы позволяющие бактериям выживать в условиях загрязнения нефтепродуктами и показали, что наиболее эффективным является выделение бактериями биосурфактантов (ПАВ биологического происхождения) и биоэмульгаторов. Эти вещества способствуют разрушению нефтяной пленки, которая препятствует доступу кислорода извне, что позволяет выжить не только самим бактериям, но и аборигенной микрофлоре, которая не обладает устойчивостью к таким загрязнениям. Наиболее известный пример – полисахарид эмульсан. Он не только способен образовывать эмульсии с нефтепродуктами в сверхнизких концентрациях, разрушая

нефтяные пленки, но и помогает другим бактериям избежать тесного контакта с органическими растворителями [1]. Нами было показано, что в условиях низких температур, молекулярную массу этого полисахарида необходимо снизить до 10-50 кДа, это позволит повысить его растворимость и увеличить продуктивность образования комплексов с нефтепродуктами в условиях низких температур.

После обеспечения выживания наступает не менее важный этап – катаболизм нефтепродуктов. И если раньше считалось, что при сопутствующих загрязнителях, таких как соли тяжелых металлов, этот процесс практически невозможен, то в последнее время появляются публикации с описанием штаммов бактерий, способных окислять, а затем катаболизировать нефтепродукты в подобных условиях [2]. На примере этого консорциума нами было показано, как используя методы 3D моделирования можно оптимизировать ферментный комплекс к условиям катализа при низких температурах.

Литература

1. Bach, H. and Gutnick, D.L. Potential applications of bioemulsifiers in the oil industry. In: Vazquez-Duhalt R and Quinteros-Ramirez R (eds.) *Petroleum Biotechnology, Developments and Perspective, Studies in Surface Science and Catalysis*, Amsterdam: Elsevier, vol. 151, pp. 233–281, 2004.
2. Sorkhoh, N.A., Ali, N., Dashti, N., Al-Mailem, D.M., Al-Awadhi, H., Eliyas, M., Radwan, S.S. Soil bacteria with the combined potential for oil utilization, nitrogen fixation, and mercury resistance. *International Biodeterioration & Biodegradation*, **64**, pp. 226-231, 2010.

N.A. Prokuda, S.V. Sukhoverkhov (Н.А. Прокуда, С.В. Суховерхов)

Institute of Chemistry FEB RAS, Vladivostok

**USING OF GAS CHROMATOGRAPHY FOR ANALYSIS
OF PARAFFIN CONTENT OF OIL AND SLUDGE SAMPLES
OF DIFFERENT ORIGIN (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОВОЙ
ХРОМАТОГРАФИИ ДЛЯ АНАЛИЗА СОДЕРЖАНИЯ ПАРАФИНОВ
В ОБРАЗЦАХ НЕФТИ И НЕФТЕШЛАМОВ РАЗЛИЧНОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ)**

Аннотация

Методом газовой хроматографии исследовано содержание парафиновых углеводородов в образцах нефти нескольких месторождений, осадках, нефтешламах различного происхождения. Приведены данные о качественном и количественном составе углеводородов в этих образцах.

Парафины представляют собой углеводороды, с числом атомов углерода больше 16. Эти соединения являются важной составляющей среди компонентов, входящих в состав нефти. По содержанию парафинов нефти делятся на высокопарафинистые и низкопарафинистые. Содержание парафинов в нефтях может составлять от единиц до нескольких десятков процентов. Кроме того, парафины – одна из трех основных групп компонентов, составляющих нефтяные осадки, т. н. асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО). Образование таких отложений значительно влияет на процесс нефтедобычи, а также транспортировки и переработки нефти. Для решения вопроса о предотвращении образования и обращении с таким видом нефтешламов следует знать состав парафинов в исходной нефти, а также в самом нефтешламе. Это является одной из задач, для решения которой применяется анализ содержания парафинов методом газовой хроматографии (ГХ), которая позволяет наиболее детально исследовать концентрации отдельных соединений, а не общее содержание углеводородов, как при применении некоторых других методов. Другим применением ГХ анализа парафинов в нефтехимии является идентификация разливов нефти и нефтепродуктов. Известно, что именно по содержанию алкановых углеводородов и их соотношению в образцах определяется источник разлива нефтепродуктов в окружающую среду.

Экспериментальная часть

Были разработаны условия анализа парафинов методом газовой хроматографии. Для анализа использовали газо-жидкостный хроматограф Shimadzu GC2010 с программируемым инжектором и пламенно-ионизационным детектором. Ранее данный метод уже применялся для анализа сырой нефти и АСПО месторождений о. Сахалин, а также товарной нефти «Витязь» [1,2].

Были исследованы образцы нефти Самотлорского, Варягского, Суторминского месторождений, а также АСПО нескольких сибирских месторождений. Для анализа навески образцов нефти и отложений растворяли в четыреххлористом углероде и затем анализировали ГХ.

В таблице приведены данные по общему содержанию парафинов в образцах. Данные образцы нефти отличаются высоким содержанием парафинов (до 11%), в представленных образцах отложений количество парафинов также высокое, в одном из случаев достигает 90% от массы образца.

Таблица 1

Содержание парафинов в исследованных образцах нефти и АСПО

Образец	Содержание парафинов, %
Нефть. Самотлорское месторождение	8,1
Нефть. Варягское месторождение	7,3
Нефть. Суторминское месторождение	10,8
АСПО. Среднеботуобинское месторождение	90,1
АСПО. НК «Дулисьма»	78,2
АСПО. Когалымское месторождение	73,4

На рисунке 1 приведено сравнение хроматограмм образцов нефти различных месторождений. Качественный состав углеводородов в образцах отличается незначительно, во всех образцах присутствуют парафины до C40-C44.

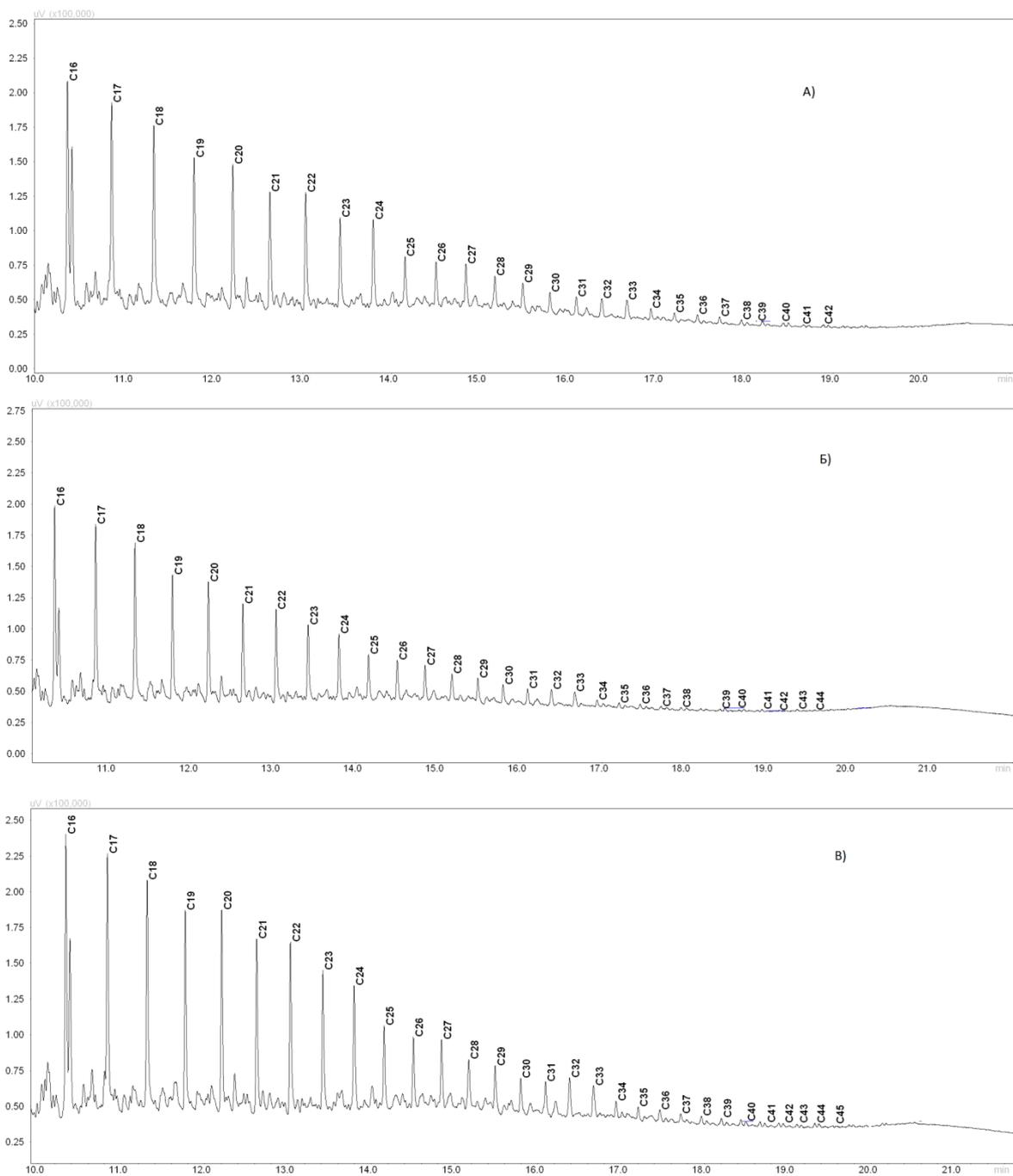


Рис.1. Хроматограммы образцов нефти: А) Самотлорское месторождение, Б) Варягское месторождение, В) Суторминское месторождение

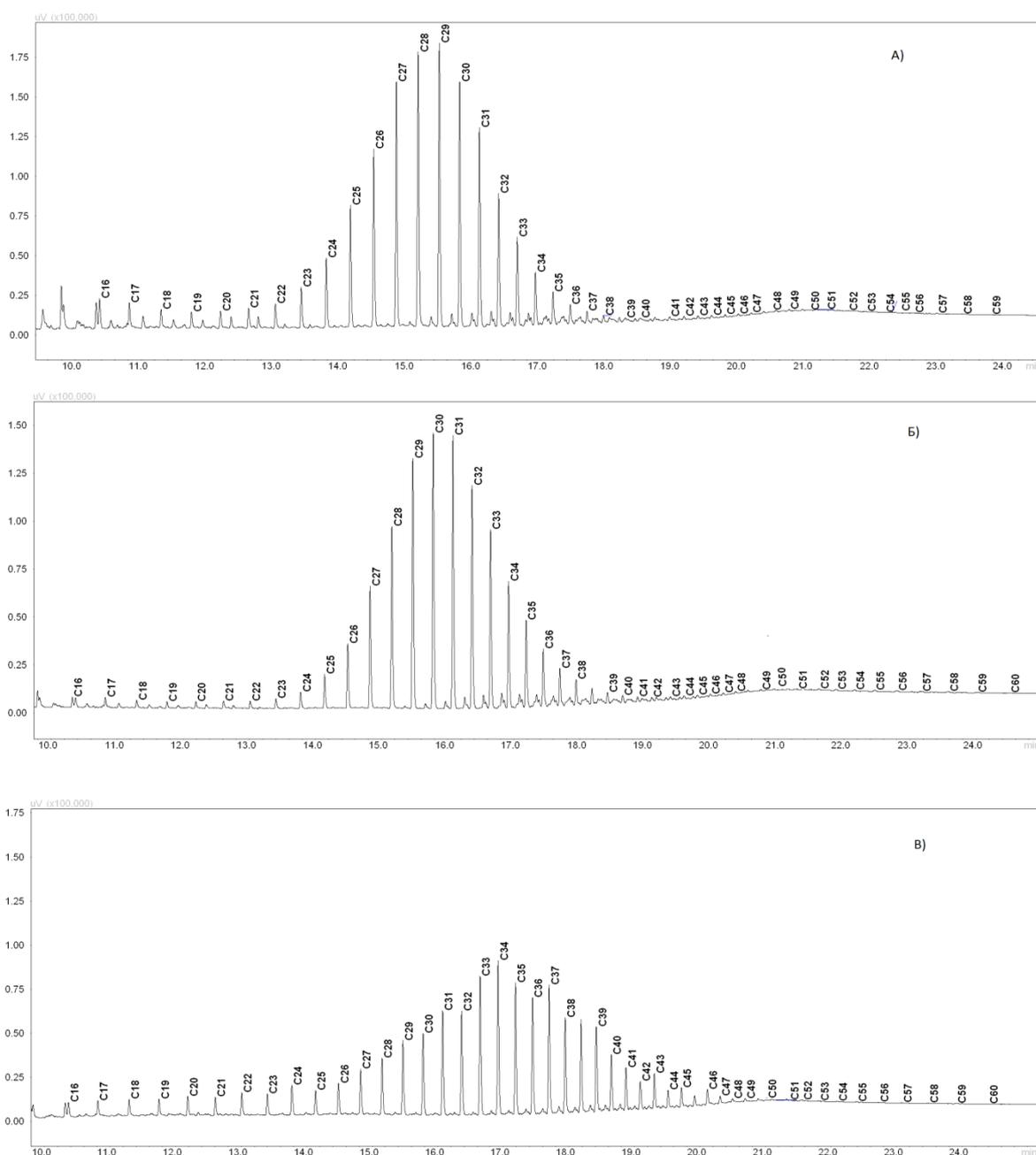


Рис. 2 Хроматограммы образцов АСПО: А) Среднеботуобинское месторождение, Б) НК «Дулисьма», В) Когалымское месторождение

Литература

1. Суховерхов С.В., Прокуда Н.А., Маркин А.Н. Определение парафинов в нефти и асфальтосмоло-парафиновых отложениях методом газо-жидкостной хроматографии // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - №9, 2013. С 10-14.
2. Суховерхов С.В., Прокуда Н.А., Логвинова В.Б., Маркин А.Н. Сравнение методов определения концентрации парафинов на примере нефти «Витязь» // Нефть и газ: горный информационно-аналитический бюллетень. - №9, 2015. – С 200-206.

*V.D. Shantarin, N.A. Bezzubtseva, Yu.D. Zemenkov (В.Д. Шантарин,
Н.А. Беззубцева, Ю.Д. Земенков)*

Tyumen Industrial University, Tyumen

**NOOSPHERIC ECOLOGICAL IMPERATIVE IN THE CULTURE
OF THE TECHNOCRATIC SOCIETY (НООСФЕРНЫЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИМПЕРАТИВ В КУЛЬТУРЕ
ТЕХНОКРАТИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА)**

Аннотация

Техногенная цивилизация, динамичная и подвижная, вот уже несколько десятилетий находится в состоянии системного эколого-экономического кризиса. Многочисленные исследования его истоков и причин показывают, что культура технократического общества, связанная с количественным ростом потребления, исчерпала свои возможности и оказалась неспособной облегчить устойчивое будущее человечества. Осмысление этой проблемы дает основание полагать, что ее решение во многом предопределяется формированием новой культуры, стержнем которой является ноосферный экологический императив: разрешено только то, что не нарушает природного равновесия. Жизнь в условиях накладываемых им ограничений связана со сменой мировоззренческих установок общества, осознанием идей ноосферогенеза и экоцентризма, необходимости жесткого регулирования, экономии и сознательного ограничения потребления.

ABSTRACT. The technogenic civilization, dynamic and flexible, is in the state of ecological and economic crisis for already several decades. Multiple studies of its background and causes show that the culture of technocratic society, connected with the quantitative growth of consumption, is exhausted and revealed inability to facilitate the sustainable future of mankind. Comprehension of this problem provides the basis to assume that the solution is largely predetermined by formation of a new culture, which kernel is the noospheric ecological imperative: the only things are allowed that don't disrupt the natural balance. Life in these imposed restrictions is connected with the change in society worldviews, the awareness of ideas of noospherogenesis and ecocentrism, the need of strict regulation, savings and deliberate restriction of consumption.

Философское осмысление ситуации показывает, что ключ к решению проблемы – в повышении уровня гуманистической культуры общества, ограничении формирувавшемуся тысячелетиями влечения к материальному избытку, совершенствовании человеческих качеств, развитии и поощрении духовного, его гармоничном сочетании с материальным в каждой отдельной личности, закономерный переход к идеологии ноосферизма. **Целью современного высшего образования** является формирование профессионально компетентной, социально активной, творчески самостоятельной личности. Возрастание роли образования в современной социально-экономической ситуации приводит к тому, что наряду с традиционными формами образования все чаще используются более прогрессивные, новаторские идеи. Смысл слова *образование* – «выводить, вызывать, т.е. активизировать наследственные задатки и способности для перевода в более развитое, проявленное состояние». Нужно ясно понимать: все, что дано человеку, обеспечивает его самосохранение в мире. Задача образования – помочь человеку двигаться по лестнице самосовершенствования к высотам личностного развития. В Законе Российской Федерации «Об образовании» сказано: «Под образованием понимается целенаправленный процесс воспитания и обучения в интересах человека, общества, государства, сопровождающийся констатацией достижения гражданином установленных государством образовательных уровней». «...Российская Федерация провозглашает область образования приоритетной. Содержание образования должно обеспечивать: адекватную мировому уровню общую и профессиональную культуру общества; формирование у обучающегося адекватной картины мира; интеграции личности в национальную и мировую культуру; формирование человека и гражданина, интегрированного в современное общество и нацеленного на совершенствование этого общества».

Ретроспективный анализ литературы позволяет сделать вывод о том, что сейчас педагоги заняты интенсивным поиском путей, которые обеспечат более высокое качество образования выпускников вузов.

Между тем, кризис в системе образования определяется многими современными мыслителями не столько как переломный момент болезненного, но временного перехода общества от одной эпохи к другой, сколько как характерный признак самой системы. Кардинально изменившиеся ци-

вилизационные реалии идут вразрез с устоями высшей школы, и спорный вопрос, что лучше – освоение нового и модернизация или следование традициям и стабильность – остается открытым.

Специфика воспитания в инженерном вузе очевидна, прежде всего, из-за высокой консолидации внутреннего образовательного пространства, ориентированного не на гуманитарную, а техническую слагающую культуры. Преподаватели в инженерном вузе, как правило, далеки от теории воспитания, и в воспитательном процессе ориентированы, прежде всего, на собственные жизненные ценности и смыслы, которые, впрочем, не являются чуждыми для их воспитанников. Вместе с тем, потребность в приобретении педагогического знания, осмысление и присвоение психолого-педагогической культуры, понимание всех сторон образовательного процесса, достижение понимания сути воспитания не могут не становиться «камнем преткновения» для преподавателей-инженеров. В связи с этим вполне отчетливо осознается проблема гуманизации и гуманитаризации образования, которая при новой методологии приобретает гораздо более глубокий смысл, чем просто приобщение человека к гуманитарной культуре.

Следует подчеркнуть, что практически все развитые страны проходили стадии реформирования систем образования: реформы высшего образования обретали статус государственной политики, в них вкладывались и вкладываются огромные средства.

По нашему мнению, разрыв технической и гуманитарной подготовки, все возрастающая «технизация» и дегуманитаризация подготовки, вызванная экстенсивным характером овладения знаниями, умениями и навыками (а при все возрастающем объеме информации это непродуктивно и губительно) приводят к обеднению содержания образования, снижению креативности выпускников, а в итоге – к снижению потенциала науки и производства.

Главный аргумент для такого вывода состоит в том, что система образования, которая всегда являлась важным цивилизационным фактором, сегодня, в условиях эколого-экономического кризиса России, не должна развиваться спонтанно. Правильная стратегия ориентации этой системы с учетом долгосрочных целей развития страны, ориентированных на **НУ-ОСФЕРНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИМПЕРАТИВ**, исключительно актуальна именно сейчас, так как она может стать решающим фактором при переходе России к модели устойчивого и безопасного развития. Ведь

именно система образования в значительной степени формирует то общественное сознание, которое и определит в дальнейшем путь цивилизованного развития нашей страны.

Переход к новой цивилизационной модели образования позволит не только обеспечить права и свободы человека, возвысить приоритеты нравственно-справедливого разума, духовных ценностей и экогуманизма, но и добиться всеобщей безопасности развития, гармонии человека, общества и природы. Однако, образование отстает от требований времени, вступая в противоречия не только с настоящим, но и с будущим. По мнению экспертов, практически все образовательные системы не имеют четкой ориентации на будущее. Система ценностей, функционирующая в образовательном пространстве, не адаптирована к тому будущему, которое может удовлетворить как все человечество, так и отдельного человека. Можно сказать, что ныне существующая система образования не устраивает ни общество, ни природу, она усугубляет системный кризис цивилизации и способствует дальнейшей деградации биосферы. Образовательная система, реализуя рыночно-демократические преобразования, уже сейчас должна переходить на принципы функционирования модели устойчивого развития и двигаться опережающими темпами по сравнению с другими сферами социальной деятельности.

Новая составляющая образования будет носить уже не трансляционно-коммуникативный, а генерационно-опережающий характер. В этой связи возникает необходимость перехода на качественно новый виток образовательного процесса – ноосферное образование, соотношенное с целями обучения, согласованное с другими структурными составляющими системы вузовского образования, а главное – с интересами, стремлениями и возможностями студентов и преподавателей. Ноосферное образование выдвигает на приоритетное место интеллектуально-духовные и рационально-информационные факторы и ресурсы.

Основанное на идеях коллективного созидания, ноосферное образование предполагает гармоничное взаимодействие всех сфер личности обучающихся, наполнение процесса обучения и воспитания нравственно-этическими нормами, общечеловеческими ценностями, философским смыслом бытия. Таким образом, совершенно очевидно, что образование необходимо переориентировать на новые общечеловеческие принципы, ценности и цели, соответствующие новой цивилизационной парадигме [1,2,3].

Ноосферное образование направлено на **формирование интеллектуальной элиты общества, с развитым чувством собственного достоинства, сознанием своей свободной, творческой сущности, чувством ответственности за возможный выбор в границах этой свободы и пониманием нравственного долга перед самим собой, другими людьми, Родиной, человечеством.**

Воспитание у студентов новых мировоззренческих и социальных установок личности, в основе которых лежат гуманистические идеи, общечеловеческие ценности и идеалы, приоритет здорового образа жизни, аксиологический аспект, научные знания, философская картина мира, исследовательские умения и навыки, способы познания окружающего мира, отвечающие требованиям природосберегающих императивов (системы норм и правил взаимодействия «человек-общество-природа»).

На наш взгляд, необходимого качества образовательного процесса можно достичь, если процесс обучения, воспитания и развития направить на формирование личности, осознающей свою ответственность за активную эволюцию (коэволюцию) биосферы и общества, при этом педагогическая система строится на основе творческой деятельности, позволяющей освоить, прежде всего, способы взаимодействия Природы и Разума, что формируют содержательные и методические *линии ноосферного образования*:

1. Содержательные: профессиональная, экологическая, научно-исследовательская, валеологическая, социальная, гражданско-патриотическая, нравственно-правовая, нравственно-аксиологическая, гуманистическая, этическая, культурно-эстетическая, культурно-историческая, философская, информационно-библиографическая.

2. Методические: развивающая, интегративная, деятельно-игровая, самостоятельно-творческая, социометрическая, самоуправленческая.

Отмеченные в работе ориентиры ноосферного образования, средства их реализации могут быть использованы в учебном и внеучебном образовательном процессе как пример формирования студента современной формации, как основная парадигма модернизации образования. Основопологающими для нее должны стать социально-экологический, экогуманистический подходы и концепция устойчивого развития современного общества, а методологической основой- модель ноосферного образова-

ния, реализующей принцип «современное поколение - не последнее звено в человеческой цивилизации».

M. Zh. Shevireva, S.L. Shevirev (М.Ж. Шевырёва, С.Л. Шевырёв)

FEFU, Vladivostok

MONITORING OF HYDROCARBON ACCUMULATIONS OF TATAR STRAIT'S SEDIMENTARY BASINS BY ORBITAL IMAGERY (МОНИТОРИНГ ПРОЯВЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА ПО ДАННЫМ ОРБИТАЛЬНЫХ СЪЕМОК)

Рассматриваются зоны осадочных бассейнов Татарского пролива Японского моря, перспективные на обнаружение промышленных скопленных углеводородного сырья. Бассейны Татарского пролива характеризуются сложным геологическим строением. Прогноз и оценка нефтегазоносности возможны комплексным анализом цифровых батиметрических моделей, синтезированных спутниковых продуктов, спектрональных изображений, а также сейсмических данных и материалов экспедиционных исследований. В качестве наиболее перспективной нефтегазоносной структуры выделяется Исикари-Западно-Сахалинский осадочный бассейн, характеризующийся выраженными зонами антиклинальной складчатости и разрывными дислокациями. Анализ материалов спутниковых съемок части Татарского пролива, прилегающей к южной части острова Сахалин, позволил идентифицировать современный тектонический паттерн территории, установить распределение кольцевых и линейных структур, локальных депрессий и поднятий. Применение спутникового индекса САИ (корреляционный альгологический индекс) на участке исследования дал возможность предполагать наличие корреляционной связи между развитием биосообществ и эндогенным притоком биогенов.

Areas of sedimentary basins of the Tatar Strait of the Sea of Japan are promising to detection of commercial accumulations of hydrocarbons. The depression of the Tatar Strait is characterized by a complex geological

structure. Forecast and evaluation of prospective oil and gas potential can be performed by complex analysis of digital bathymetric models, the synthesized products of satellite, multispectral images, seismic data and field studies. Ishikari-West Sakhalin sedimentary basin which is characterized by distinct zones of anticlinal folding and disjunctive dislocations can be divided as the most perspective oil and gas structure. Satellite data analysis of the of the Tatar Strait, adjacent to the southern tip of Sakhalin island, allowed us to identify recent tectonic pattern of the area, to establish the distribution of ring and linear structures, local depressions and elevations. The application of satellite index, CAI (correlation algological index) on the section of the survey allowed supposing of a correlation link between the development of biocenosis and the inflow of biogenic material from the interiors.

Развитие нефтегазовой промышленности Дальнего Востока России испытывает потребность в наращивании минерально-сырьевой базы углеводородного сырья. Оценка перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов шельфа возможна путем комплексного анализа цифровых батиметрических моделей, синтезированных спутниковых продуктов (chlor_a и sst радиометра Modis спутников Aqua и Terra), спектральных индексов и их сопоставлением с сейсмическими данными, значениями теплового потока и аномалиями магнитного и гравитационного полей.

На картах общего сейсмического районирования Дальнего Востока России акватория Татарского пролива отмечена сейсмоактивными зонами [1], здесь средне и глубокофокусные землетрясения наблюдаются на территории осадочных бассейнов, которые потенциально нефтегазоносны. Локализация скоплений углеводородов обусловлена спецификой геологического строения. Татарский пролив включает три осадочных бассейна (ОБ): Северо-Татарский, Южно-Татарский и Ишикари-Западно-Сахалинский бассейны [2].

Современные сейсмические события могут воздействовать на нефтегазоносные толщи, провоцируя эмиссию углеводородов, которая фиксируется в виде слабоконтрастных отрицательных аномалий теплового поля (связано с адиабатическими эффектами) и развитием планктонных биосообществ [3].

Осадочные бассейны Татарского пролива образовались в обстановках растяжения земной коры и представлены многоступенчатыми сбросами, сформированными в обстановке косой конвергенции плит, образова-

нием вулканических дуг, многократного внутридугового спрединга и рифтинга, с накоплением толщ турбидитовых осадков. Северо-Татарский и Южно-Татарский осадочные бассейны имеют рифтогенный генезис (возраст конец эоцена – начало олигоцена). Бассейны претерпевали несколько фаз тектоно-магматической активизации и синхронного прогибания в эпохах позднего эоцена – олигоцена, раннего – среднего миоцена, позднего миоцена – раннего плиоцена.

Генезис углеводородных скоплений Татарского пролива и Сахалина может быть рассмотрен с позиций как биогенной так и абиогенной теорий [4, 5].

Структурно-тектоническое районирование пролива нашло отражение в рельефе морского дна. Последний выражен в сложной гравитационно-батиметрической модели, составленной по данным спутников Envisat и Jason и экспедиционным замерам [6]. Геоморфологически наиболее выражены структурные элементы 2-го, 3-го, 4-го порядков. Структуры 2-го порядка характеризуют прогибы, крупные поднятия, разделяющие и обрамляющие границы бассейнов. Структуры 3-го порядка отражают структурно-тектонические неоднородности – синклинальные складки, разломные зоны, грабены и вулканотектонические депрессии, разделяющие и обрамляющие их внутривассейновые поднятия. Наиболее важными структурами в отношении накопления залежей углеводородного сырья, являются структурные формы 3-го порядка выраженные в зонах складчато-разрывных дислокаций. Структуры 4-го порядка характеризуют локальные структуры кон- и постседиментационного генезиса и разломы.

Исикари-Западно-Сахалинский бассейн в большей степени имеет выраженность структурных форм 3-го порядка. На юге Татарского пролива осадочный бассейн располагается в шельфовой зоне.

Вдоль бассейна протягиваются складчато-разрывные структуры (Холмско - Шебушинская) и Кузнецовская антиклинальная зона, маркирующие Западно-Сахалинский разлом. Главными структурами элементами бассейна являются Монеронский, Холмский, Ясноморский прогибы шельфа, разделенные между собой антиклинальными структурами. На спутниковых цифровых моделях рельефа они выражены в виде региональных линеаментных зон.

Поднятия фундамента Татарского пролива отчетливо выражено в гравитационных максимумах. Контрастные аномалии магнитного поля характерны для Северо-Татарского и Южно - Татарского бассейнов. Глав-

ным образом это связано с вулканотектоническими поднятиями. Также в осадочных бассейнах установлены как поднятия, так и отрицательны морфоструктуры грабенообразной направленности, впадины, характеризующиеся отрицательным полем силы тяжести и резко пониженными значениями положительными магнитного поля, с локальными отрицательными аномалиями в осевых частях структур [7].

Изучение части Татарского пролива, прилегающей с южной оконечности острова Сахалин, позволило идентифицировать современный тектонический паттерн территории, распределение кольцевых и линейных структур, локальных депрессий и поднятий. Также на участке исследования вычислялся спутниковый индекс САИ – корреляционный альгологический индекс, рассчитанный как коэффициент корреляции серии замеров *chl_a* (концентрация хлорофилла *a*) и температуры поверхности моря *sst*. Использовалось 200 виртуальных станций наблюдения, рассчитывались параметры САИ для акватории Южно-Сахалинской нефтегазовой провинции с 2007 по 2009 года. Была установлена корреляция развития биосообществ с притоком биогенного материала из недр бассейнов седиментации. В пределах залива Терпения, являющимся малоактивным на неотектоническом этапе, по виртуальным станциям наблюдения, точками с фиксируемыми координатами на космическом изображении и их продуктов, в морской части залива установлен положительный САИ. Залив Анива, напротив, характеризуется нулевым и отрицательным САИ. Дно залива Анива является сейсмически активным, установлены выходы метана [3]. Сопоставление значений САИ с распределением тектонических структур на Юго-Западе Сахалина демонстрирует пространственное соответствие дешифрованный по батиметрической ЦМР морфоструктур и полей положительных значений САИ.

Исикари-Западно-Сахалинский осадочный бассейн (ИЗСОБ) располагает некоторыми особенностями, в частности структурно-тектоническими особенностями строения и оценивается как нефтегазоперспективный.

Данный бассейн протягивается почти на 800 км от южной части острова Хоккайдо (Япония) до северной части Западно-Сахалинских гор. От соседнего Южно-татарского бассейна, он отделен Пионерским и Монеронским поднятиями. Определяющими являются следующие особенности и черты бассейна: расположение в зоне Западно-Сахалинского разлома и наличие в пределах бассейна Холмско - Невельской постседимента-

ционной антиклинальной зоны, а также кулисовидные постседиментационные складчато-разрывные структуры (Холмско-Шибушинская и Кузнецовская антиклинальные зоны).

Главными шельфовыми структурами ИЗСОБ являются Монеронский, Холмский и Ясноморские прогибы, отделенные между собой погребенными консидементационными антиклинальными поднятиями.

Следует обратить внимание на данные дистанционных исследований шельфовой части ИЗСОБ. Для бассейна характерны контрастные отрицательные значения полей силы тяжести, а также неоднородное положительное значение магнитного поля, также уверенно фиксируемые аномалии теплового потока. Акватория данного бассейна нуждается в проведении всестороннего комплексного изучения с применением дистанционного зондирования, с получением спутниковых альгологических, температурных и суспензионных данных.

Литература

1. Комплект карт Общего сейсмического районирования России - ОСР-97 // Электронный ресурс: http://seismos-u.ifz.ru/personal/ocp-97-abc_3.htm. Дата обращения: 15.03.2016.

2. Жаров А.Э. Геология, геодинамика и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Татарского пролива / А.Э. Жаров, Г.Л. Кириллова, Л.С. Маргулис, Л.С. Чуйко, В.В. Куделькин, В.Г. Варнавский, В.Н. Гагаев // - Владивосток: ДВО РАН, 2004. с. 11-13

3. Обжиров А.И., Соснин В.А. Мониторинг метана в Охотском море/ Владивосток: Дальнаука, 2002. 250 с.

4. Родников А.Г., Сергеева Н.А., Забарицкая Л.П. Глубинные причины образования осадочных бассейнов. / М.: РФФИ, 2014. с. 1-10

5. Petford N., McCaffrey K. Hydrocarbons in crystalline rocks: an introduction. Published by the Geological Society from: The Geological Society Publishing House Unit 7, Brassmill Enterprise Centre Brassmill Lane, Bath 3JN, UK, p.1-5

6. [Шевырев С.Л.](#), Шевырева М. Ж., Чернышев В.В., [Морозов А. А.](#), [Ивин В. В.](#) Об оценке тектонической позиции скоплений углеводородов на шельфе Дальневосточных морей России по космическим данным // Горный Информационно-Аналитический Бюллетень. №S36. 2015. С. 235-243

7. Шеин В.С., Игнатова В.А. Геодинамика и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Дальнего Востока. - М: ВНИГНИ, 2007. с.177-178

V.V. Slesarenko, D.S. Kuzmin, M.A. Yerofeyev (В.В. Слесаренко, Д.С. Кузьмин, М.А. Ерофеев)

FEFU, Vladivostok

THE USE OF GAS TURBINE DRIVE OF THE MAIN PUMPS AT OIL PUMPING STATIONS (ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОТУРБИННОГО ПРИВОДА МАГИСТРАЛЬНЫХ НАСОСОВ НА НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ)

Аннотация

Работа посвящена вопросам применения газотурбинных двигателей на нефтеперекачивающих станциях и возможности использования сырой нефти в качестве газотурбинного топлива. Рассмотрены отечественные и зарубежные разработки, позволяющие применять газотурбинный привод на магистральных насосах нефтеперекачивающих станций. Определены перспективные методы подготовки сырой нефти для ее использования, как основного топлива приводных газотурбинных двигателей. Предложен способ снижения стоимости перекачки нефти и уменьшения зависимости режимов эксплуатации нефтеперекачивающих станций от электроэнергетических сетей.

Существующая система магистрального транспорта нефти сложилась в 60-80 годах прошлого века, наибольшее развитие инфраструктуры в ней было связано с необходимостью транспортировки больших объемов нефти от месторождений Западной Сибири в центральные районы страны и на экспорт.

Важным условием для дальнейшего прогресса транспорта нефтепродуктов посредством магистральных трубопроводов является снижение энергетических затрат. Для этого можно рассматривать ряд перспективных направлений:

- обеспечение сбалансированных расходов нефти в трубопроводе с помощью различных энергоэффективных способов регулирования производительности;

- минимизация потерь энергии в действующем насосном оборудовании и инфраструктуре нефтеперекачивающей станции (НПС) в целом;

- уменьшение потерь напора в трубопроводе посредством снижения гидравлических сопротивлений тракта (например, за счет добавки присадок);

- применение газотурбинного привода для насоса на нефтеперекачивающей станции (НПС) и оптимизация вида топлива, на котором газотурбинный двигатель (ГТД) будет работать;

Из перечисленных выше последний метод повышения энергетической эффективности нефтетранспортной системы пока наименее исследован.

Сегодня в России на НПС в качестве привода магистральных насосов используют электродвигатели мощностью от 2,5 до 12,5 МВт. Это обосновано тем, что электроприводные агрегаты надежны, просты в обслуживании и эксплуатации.

Однако для питания электродвигателей НПС требуется разветвленная система электроснабжения, которой обычно присущи значительные потери энергии при транспортировке. К недостаткам можно добавить также постоянство числа оборотов приводного агрегата, поэтому для регулирования производительности приходится использовать сложные и дорогостоящие частотные системы регулирования или гидромурфты.

Тем не менее, в настоящее время существуют достойные альтернативы электроприводу. Например, для насосов на ТЭС паровой турбопривод оказывается более эффективным, особенно в режимах изменения рабочих характеристик (подачи и давления). Однако и у паросиловых агрегатов есть свои недостатки, связанные со сложностью технологических процессов получения пара, запуска, останова паровых котлов и турбин и их обслуживания в целом.

В тоже время эффективный привод магистральных насосов может стабильно обеспечивать ГТД. Газотурбинные двигатели просты в обслуживании, легко пускаются и останавливаются, а теплоту уходящих из турбины газов с высокой температурой можно утилизировать для снабжения тепловой энергией сторонних потребителей или подогрева самой транспортируемой нефти.

Сегодня применение приводных ГТД на НПС экономически эффективно в тех местах, где система снабжения электричеством отсутствует либо непостоянна. В России подходящим местом для них являются районы Сибири и Крайнего Севера.

ГТД уже давно и достаточно успешно используются за рубежом. Например, на НПС стран Ближнего Востока ГТД в качестве привода насосов широко распространены, причем основным источником топлива для них являются сырая нефть, прошедшая комплексную подготовку, и попутный нефтяной газ [1].

При эксплуатации ГТД на НПС возникает ряд технологических проблем. При использовании приводной газовой турбины обороты насоса значительно возрастают. При высоких оборотах насоса велика вероятность возникновения кавитации в его проточной части. Следовательно, число оборотов следует ограничить на уровне 3500-4000 оборотов в минуту. Для двигателя ГТД-4РМ это можно, например, осуществить путем установки червячно-цилиндрического редуктора Р-45-01.

При газотурбинном приводе насосов НПС состав и стоимость сопутствующего оборудования (включая установки по отбору, подготовке и использованию топлива) существенно увеличиваются. Поэтому достоинства ГТД проявятся в полной мере лишь если использовать дешевое топливо и учесть снижение капитальных затрат на системы электроснабжения.

Коэффициент полезного использования энергии при электроприводе определяется как произведение КПД элементов электроэнергетической цепи:

где КПД питающей электростанции (для тепловых электростанций 0,35–0,4, для атомных и гидроэлектростанций существенно выше); – КПД повышающей и понижающей подстанции (0,98); $\eta_{л}$ — КПД линии электропередачи (0,95); $\eta_{с}$ – КПД распределительной (питающей) сети (0,96); – КПД приводного электродвигателя (0,85–0,9).

В итоге получим, что при электрическом приводе = 0,27–0,31.

При газотурбинном приводе КПД будет равен 0,25-0,29, но в дальнейшем возможно улучшение вплоть до 0,4 [2,4]. Можно сделать вывод, что ГТД и электропривод имеют примерно одинаковую энергетическую эффективность.

При применении ГТД на НПС крайне важным будет вопрос о том, какое топливо следует использовать для питания приводных агрегатов. Наиболее простым решением можно считать подачу на НПС топливного газа из близко лежащего газопровода. Однако наличие такого газопровода на расстоянии более 40-50 км от НПС делает такое решение весьма затратным.

Сегодня в России актуальным становится вопрос применения сырой нефти как топлива для газовых турбин. Это обусловлено тем, что при отсутствии развитой электросети в местах прокладки нефтепровода выгоднее использовать часть перекачиваемой нефти для обеспечения работы НПС.

Очевидным примером эффективности такого решения может служить Трансаляскинский магистральный нефтепровод, построенный более тридцати лет назад. Привода насосов НПС на этом объекте успешно работают на сырой нефти, подготовленной в специальных блочных установках. Помимо несомненной экономической выгоды от применения такой системы (мощные источники электроснабжения отсутствуют на протяжении данного линейного объекта), утилизация продуктов сгорания турбин устраняет проблемы потребления тепла НПС.

Сегодня законодательно в Российской Федерации сырую нефть запрещено применять как жидкое топливо из-за экологических ограничений [5]. Известно, что транспортируемая товарная нефть содержит большое количество как меркаптана, так и различных хлористых солей. При нарушении технологии сжигания нефти с большим избытком воздуха в камере сгорания ГТД повысится интенсивность коррозии металла, из которого сделаны узлы газовой турбины. Более того, в сырой нефти присутствуют многочисленные механические примеси, асфальтены, смолы, сера, частицы ванадия, которые, если их не удалить, могут привести к закоксовыванию форсунок камеры сгорания ГТД и необходимости их периодической очистки.

На сегодняшний день разработано несколько различных способов использования нефти как газотурбинного топлива:

- предварительный подогрев нефти перед подачей в камеру сгорания;
- применение форсунок высокого давления для распыления нефти;
- атмосферная перегонка нефти для отделения легких топливных фракций;

- каталитическая переработка нефти в жидкое топливо в присутствии химически активного водорода;
- применение многоступенчатых камер сгорания.

Компания «Taurus Energy» разработала комплексную установку для подготовки сырой нефти к использованию в качестве приемлемого для ГТД топлива [7]. Эта установка состоит из трех модулей, включающих резервуары для отстоя нефти, расходную и шламовую цистерны, а также блок подготовки нефти. Предварительно нефть в течение четырех дней отстаивается при температуре 40 °С. Далее происходит процесс сепарации, в котором удаляются оставшиеся примеси и вода. Это происходит благодаря двум барабанным сепараторам, в которых установлены саморазгружающиеся тарельчатые барабаны. Система автоматического контроля следит за технологическим процессом.

Подготовленная нефть проходит процесс многоступенчатой фильтрации. Далее в специальном резервуаре осуществляется ее дегазация. После этого топливная нефть подается в подогреватель, где находится при температуре, обеспечивающей необходимую вязкость.

Анализ рассмотренных технических решений позволяет сделать вывод о необходимости разработки в России блочных установок для подготовки газотурбинного топлива из транспортируемой нефти. Использование таких установок будет востребовано российским нефтегазовой отраслью, например при строительстве НПС, расположенных в труднодоступных районах.

Комплексное применение ГТД, работающих на газотурбинном топливе, полученном из транспортируемой нефти, в качестве приводов магистральных насосов на НПС, будет способствовать надежной и бесперебойной работе магистрального нефтепровода. Это также обеспечит рост технико-экономических показателей и понизит зависимость НПС от сетевых поставщиков электроэнергии.

Литература

1. Особенности применения в нефтепроводном транспорте насосных установок с газотурбинным приводом [Электронный ресурс] <http://xn--80aaakjoeag4b2boc1a.xn--p1ai/tag/magistralnyx-i-podpornyx-nasosov/page/12/>
2. Газотурбинная блочно-модульная электростанция ГТЭС «Урал-6000» [Электронный ресурс] http://www.avid.ru/products/eps/gts_ural-6000

3. Новые технические решения для проекта «Сахалин 2» [Электронный ресурс]
http://www.avid.ru/upload/pages/6370/NOVYJE_TEKHNICHESKIJE_RESHENIJA_DLA_PROJEKTA_SAKHALIN-2.pdf

4. Газотурбинные установки [Электронный ресурс]
http://www.manbw.ru/analytics/gasturbine_units_power_station_power_plant.html

5. ГОСТ 10433-75. Топливо нефтяное для газотурбинных установок

6. Пути совершенствования и развития газотурбинных установок наземного использования, создаваемых на основе авиационных двигателей [Электронный ресурс] <http://engineering systems.ru/trudi-mezhdunarodnoy-nauchno-tehnicheskoy-konferencii-po-kompressorostroyeniyu/puti-sovershenstvovaniya.php>

7. [Taurus Energy : Biofuels Digest](http://www.biofuelsdigest.com/) [Электронный ресурс]
<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/tag/taurus-energy/>

*P.A. Sokolova, E.V. Niskovskaya, M.A. Pavlychenko (П.А. Соколова,
Е.В. Нисковская, М.А. Павлыченко)*

FEFU, Vladivostok

**PROBLEMS WITH OIL SPILL ON UNDERWATER TRANSITIONS
IN WINTER CONDITIONS IN THE FAR EAST (ПРОБЛЕМЫ ПРИ
ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА
ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА)**

АННОТАЦИЯ: В данной работе представлен анализ факторов, необходимых для прогнозирования условий, при которых мероприятия по ликвидации аварийных разливов нефти будут эффективными. Учитываются такие факторы, как наличие оборудования для ликвидации нефтяных разливов, или же имеющиеся ограничения на эксплуатацию этого оборудования в течение дня или сезона или в связи с погодными условиями. Определяются верхние предельные значения системы реагирования.

Одна из стратегических задач компаний трубопроводного транспорта нефтепродуктов – обеспечение экологической безопасности в районах, где проходят нефтепроводы. Это касается не только подводных переходов, но именно на них условия ликвидации последствий возможных ава-

рий наиболее усложнены. Большую сложность представляет ликвидация нефтяных загрязнений в зимнее время. В условиях Дальнего Востока операции по ликвидации разливов нефти в зимний период могут быть значительно затруднены или абсолютно неэффективны.

В настоящее время, для решения проблем, связанных с аварийными разливами нефти на подводных переходах разрабатываются системы предотвращения разливов нефти и планы мероприятий по ликвидации последствий аварий. Как правило, системы ликвидации разливов нефти основываются на сочетании методов механического сбора и двух основных немеханических технологий для очистки или обработки разлитой нефти: сжигания на месте и применения диспергирующих веществ [1]. Однако проведение любой из этих ответных мер может быть в значительной мере ограничено или даже невозможно из-за климатических условий Дальнего Востока в зимнее время года. Для большинства из этих технологий требуется использование воздушных и морских средств, наличие подготовленного персонала для их надлежащего введения в действие и функционирования. Удаленное местонахождение и отсутствие инфраструктуры может в значительной степени осложнять работу этих систем реагирования. Суммарное влияние этих сдерживающих факторов может сделать проведение мер по ликвидации нефтяных разливов почти невозможным.

Такая задержка реагирования существует в периоды, когда имеющиеся технологии не могут быть эффективными или же в результате сложившихся условий их применение невозможно в силу операционных ограничений или ограничений по условиям безопасности. В связи с этим требуются дополнительные усилия по предотвращению нефтяных разливов и планированию мероприятий по их ликвидации для устранения рисков разлива нефти в периоды ледохода и ледостава. Природно-климатические условия Дальнего Востока бросают вызов технологиям и методам ликвидации последствий разливов нефти.

Большая часть деятельности по транспортировке нефти предполагает сочетание механического удаления разлитой нефти и двух основных немеханических методов – сжигание на месте (в России отсутствует нормативный документ определяющий условия сжигания нефти на месте разлива) и применение диспергаторов (применение диспергентов в ледовых условиях в России не рекомендуется) – для очистки или обработки разлитой нефти [2].

Система механического извлечения разлитой нефти требует наличия надлежащего оборудования и специально обученного персонала, а также условий, благоприятных для удерживания, сбора, откачки, перекачки и хранения нефти и нефтесодержащих отходов. В конечном итоге вся собранная разлитая нефть должна быть надлежащим образом утилизирована в соответствии с применимыми требованиями и нормативами.

Планирование мероприятий в случае разлива нефти является важнейшим фактором повышения эффективности работ по ликвидации нефтяных разливов. В России развитие частных организаций и ресурсов по ликвидации нефтяных разливов началось лишь недавно, но возможности таких организаций по предотвращению последствий разливов нефти растут по мере увеличения объемов добычи.

Системы ликвидации разливов нефти имеют ряд возможностей и ограничений, которые следует учитывать при планировании операций по ликвидации нефтяных разливов. Большинство технологий, используемых для ликвидации нефтяных разливов в зимний период, являются адаптированными вариантами технологий, обычно используемых в теплое время года на открытой воде и на суше. Природно-климатические условия Дальнего Востока являются очевидным фактором снижения эффективности большинства технологий по ликвидации нефтяных разливов. Типичные условия, влияющие на операции по ликвидации нефтяных разливов, включают в себя наличие различных видов льда, экстремально низкие температуры, ограниченную видимость, волнение и ветер [4]. Эти условия могут также оказывать влияние на пути и масштабы распространения разлитой нефти и таким образом либо увеличивать, либо снижать эффективность технологий и систем ликвидации разливов нефти [3].

Для планирования мер по ликвидации разливов нефти в зимний период мы все еще не располагаем достаточным рядом реальных данных касательно эффективности систем ликвидации нефтяных разливов, так как до настоящего времени значительных аварийных разливов нефти на подводных переходах на Дальнем Востоке не было.

Точная оценка возможностей и ограничений системы ликвидации разливов нефти необходима для прогнозирования условий, при которых такие ответные меры могут быть эффективными или неэффективными. Как только такие пределы определены, они должны учитываться на самом раннем этапе процесса планирования для того, чтобы начать понимать

взаимосвязь между рисками разлива нефти и технической осуществимостью мер по его ликвидации.

На примере произошедших разливов нефти, мы видим, сколь важными для успешной ликвидации нефтяного разлива могут быть сроки реагирования, условия в районе аварии, материально-техническая поддержка и предварительное планирование. Проблемы, связанные с материально-техническим обеспечением, удаленным местонахождением и суровыми погодными условиями, усложняют ликвидацию разливов нефти. Отсутствие инфраструктуры для ликвидации нефтяных разливов на местах усложняет осуществление ответных мер [5].

Для того чтобы провести анализ задержки реагирования для заданного места, необходимо определить верхние предельные значения системы реагирования. Для такой оценки недостаточно изучения и анализа оборудования и технологий по ликвидации нефтяных разливов с позиций их наличия в зоне разлива или эксплуатационных характеристик из паспорта изделия; необходимо доказать эффективность их работы в реальных условиях Дальнего Востока.

Расчет задержки реагирования по своему характеру является прогнозированием, и невозможно точно предсказать будущие условия даже при наличии большого объема исторических данных. Данные должны представлять фактические условия в зоне потенциального разлива нефти, например близлежащий к подводному переходу населенный пункт или автомобильная дорога. Кроме природных в анализе должны учитываться такие факторы, как наличие оборудования для ликвидации нефтяных разливов, или же имеющиеся ограничения на эксплуатацию этого оборудования в течение дня или сезона или в связи с погодными условиями.

Если задержка реагирования существует на определенной площадке в определенное время, могут применяться различные стратегии и подходы в планировании для того, чтобы сократить такую задержку путем повышения технических возможностей по ликвидации разлива, в периоды, когда природно-климатические условия могут воспрепятствовать проведению мер реагирования на разливы.

Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 августа 2000 г. № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов».

2. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
3. Brandvik, PJ, S rheim, KR, Singaas, I, and Reed, M (2006). Short State-of-the-Art Report on Oil Spills in Ice-Infested Waters: Oil Behaviour and Response Options. SINTEF. 19 May.
4. Owens, EH, Solsberg, LB, West, MR and McGrath, M (1998). Field Guide for Oil Spill Response in Arctic Waters. Prepared for Emergency Prevention, Preparedness, and Response (EPRR) Working Group. Arctic Council.
5. Robertson, TL (2007). Response Gap Estimated for Two Operating Areas in Prince William Sound. Report to the Prince William Sound Regional Citizens Advisory Council, Anchorage, AK.

N.S. Syrбу 1, R.B. Shakirov 1, Phung Van Phach2, Le Duc Anh2

¹V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok

²Institute for Marine Geology and Geophysics VAST, HanoiCity, VietNam

**GASGEOCHEMICAL FEATURES IN THE TONKIN GULF AREA
(EAST VIETNAM SEA, 2013-2014)**

Abstract

For the first time helium, hydrogen, methane, hydrocarbon gases, nitrogen, carbon dioxide, were analyzed in surface sediments and sea water (surface and near bottom water layers) in the north-west of Tonkin Gulf (South-China Sea). 137 sediment sampling stations, 44 sites of water sampling on the islands (Cat Ba, Co To, Ngoc Vung, Bach Long Vi) and 11 sampling sites of under soil gases were done along Halong Bay in the 2013-2015. Methane (up to 370 nMol/kg) and hydrocarbon gases (ethane, propane, and butane) were found in the sediments in high concentrations, as well as helium (up to 20 ppm) and hydrogen (up to 100 ppm) content indicates activity of the geological structures. Dissolved carbon dioxide and methane show their abnormal distribution on Cat Ba Island.

*I.S. Truhin, P.A. Zadorozhnyy, N.V. Polyakova, S.V. Sukhoverkhov,
A.N. Markin, V.A. Avramenko (И.С. Трухин, П.А. Задорожный,
Н.В. Полякова, С.В. Суховерхов, А.Н. Маркин, В.А. Авраменко)*

Institute of Chemistry FEB RAS, Vladivostok

**DETERMINATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION
OF STRATAL WATER, SURROUNDING SEA WATER AND SALT
DEPOSITS FROM OIL-FIELD SYSTEMS OF OIL AND GAS
PLATFORMS (ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
ПОПУТНО ДОБЫВАЕМЫХ ПЛАСТОВЫХ, ОКРУЖАЮЩИХ
МОРСКИХ ВОД И ОТЛОЖЕНИЙ СОЛЕЙ ИЗ
НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ СИСТЕМ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ
ПЛАТФОРМ)**

Аннотация

С использованием комплекса физико-химических методов анализа определен химический состав пластовых и морских вод, неорганической части отложений солей из скважин и оборудования по подготовке нефти морских нефтегазодобывающих платформ. Минерализация пластовых вод составила 26,6 - 35,9 г/л. По классификации Сулина вода рассмотренных скважин относится к типам – сульфатонатриевых, хлоркальциевых и гидрокарбонатонатриевых вод, к группам хлоридных и гидрокарбо-натных, подгруппам кальциевых и магниевых. Исследованные отложения состоят, в основном, из карбонатов и сульфатов кальция и магния, сульфата бария, частиц песка и глины, а также оксидов и солей железа.

Полученная информация позволяет прогнозировать и своевременно реагировать на негативное воздействие солеобразования и коррозии в нефтепромысловых системах.

Солеотложение в нефтепромысловых системах является одной из основных причин значительных убытков нефтедобывающих компаний, так как оказывает негативное влияние практически на каждый узел в цикле добычи. Источником солеотложения являются пластовые воды, добываемые совместно с нефтью[1].

В процессе добычи нефть поступает под действием естественного давления в пласте, которое создается, в первую очередь, подземными водами. После исчерпания естественного ресурса поддержки давления, в

пласте создается давление при помощи закачки воды. Как правило, это пластовые воды, которые добываются вместе с нефтью, и воды, которые находятся в ближайшей доступности для месторождения. На морских нефтедобывающих платформах единственным источником нагнетаемой в пласты воды становится морская вода. В результате изменения температуры и давления, а также в процессе смешивания воды, поступающей из внешней среды и пластовой, содержание некоторых неорганических веществ в растворе может становиться выше предела насыщения, что способствует выпадению осадков минеральных солей [2].

Целью настоящей работы было исследование состава пластовых и окружающих морских вод, а также осадков из различных технологических точек нефтедобывающего оборудования платформы на шельфе острова Сахалин. Представление о процессах накопления солеотложений, механизме их образования, химическом составе позволяет препятствовать их появлению, а также удалять их из нефтепромысловых систем.

Для контроля процессов, происходящих при подготовке нефти, отбирали пробы воды и осадков из различных технологических точек нефтепромыслового оборудования платформы Пильтун-Астохского месторождения.

Физико-химические характеристики воды определяли: плотность - весовым методом, pH и удельную электропроводность измеряли на мультиметре Orion – 5 STAR (Thermo), общую минерализацию (содержание сухого остатка) – путем высушивания образца при 300 °С. Определение щелочности (как концентрации гидрокарбонат-иона) - методом потенциометрического титрования; концентрацию натрия, калия, магния, кальция, стронция, бария и железа в воде - методом ААС на спектрофотометре Solaar 6M (Thermo Electron Corporation) с ионизацией в пламени; концентрацию ионов аммония - фотометрическим методом с реактивом Несслера; неорганических анионов - методом ионообменной ВЭЖХ, на жидкостном хроматографе DIONEX ICS-5000; концентрацию низших карбоновых кислот - методом газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ), на хроматографе Shimadzu GC-2010. Определение элементного состава неорганической части отложений проводили на рентгенофлуоресцентном спектрометре Shimadzu EDX-800HS. Рентгенограммы образцов отложений записывали на рентгеновском дифрактометре D8 ADVANCE (Bruker) по методу Брег-Бретано с вращением образца.

Основными растворенными компонентами исследованных вод являются хлориды натрия и калия. В пластовой воде содержание ионов магния варьирует в диапазоне 140-420 мг/л, кальция от 250 до 1000 мг/л. Содержание иона аммония невелико (11-19 мг/л). Важным показателем, существенно влияющим на возможное осадкообразование в системе, является концентрация ионов стронция и, особенно, бария. Концентрация ионов стронция составила 17-27 мг/л. Для бария эта величина изменялась в диапазоне от следовых количеств до 8,8 мг/л. Содержание ионов бария в морской воде ниже 0,05 мг/л, а стронция - 5,9 мг/л, что сопоставимо с данными для Тихого океана. Содержания сульфат ионов для разных скважин варьировало в значительных пределах – от 200 до 1900 мг/л, гидрокарбонатная щелочность была относительно постоянна (450-870 мг/л гидрокарбонат-иона). Пластовые воды данного месторождения в целом имеют типичный состав для вод нефтяных месторождений, их общая минерализация составляет в среднем 28 г/л, что немного ниже, чем минерализация морской воды. По классификации Сулина, пластовая вода рассмотренных скважин относится к типам: сульфатонатриевых, хлоркальциевых и гидрокарбонатонатриевых вод, к группам хлоридных и гидрокарбонатных, подгруппам кальциевых и магниевых.

Наряду с отбором образцов воды в различных технологических точках системы подготовки нефти, был проведен отбор отложений. Элементный состав неорганической части осадка определяли методом энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа (ЭДРФА). В спектрах исследуемых образцов присутствуют интенсивные характеристические линии железа, кальция, бария и стронция. Кроме того, имеются сигналы магния, алюминия, кремния, серы, титана, хрома, марганца, меди, цинка, свинца, молибдена и циркония. На рентгенограммах исследуемых образцов чаще всего наблюдаются пики карбонатов кальция и магния, сульфата бария, диоксида кремния, оксидов титана и алюминия, а также оксидов и солей железа.

Основными компонентами неорганической части изученных отложений являются песок, глина, труднорастворимые сульфаты и карбонаты щелочноземельных металлов, продукты коррозии труб и оборудования (как соединения железа, так и обнаруживаемые в небольших количествах соли переходных металлов Cr, Mo, Zr и др.), и часто эта смесь пропитана или покрыта асфальто-смоло-парафиновыми веществами.

Солевой состав отложений отличается в зависимости от места отбора. В частности, в процессе разгазирования скважинной продукции происходит общее понижение растворимости солей. В осадок могут перейти даже растворимые в обычных условиях соли, например хлориды натрия и калия, что мы наблюдаем в образце осадка из электродегидратора (ЭДГ). Одним из самых нежелательных компонентов неорганических отложений является сульфат бария из-за его низкой растворимости и трудноудаляемости. Сульфат бария присутствовал во всех исследованных отложениях. Наименьшее количество было обнаружено в осадке из ЭДГ (0,38 %). Это связано, вероятно, с тем, что основная часть сульфата бария осаждается на предыдущих стадиях подготовки нефти, в частности, в сепараторах. Кроме того, в сепараторах осаждаются частицы механических загрязнений, карбонаты кальция и магния. В осадке из ЭДГ содержание этих компонентов ничтожно мало. Интересной особенностью осадков из сепараторов и ЭДГ является присутствие значительных количеств сульфида железа. Появление сульфидов связано с биогенными процессами сульфат-редукции, питательной средой для которых являются некоторые органические соединения, окисляемые до уксусной кислоты и углекислого газа. В образцах пластовой воды из сепараторов и ЭДГ наблюдаются высокие показатели щелочности (700-750 мг/л HCO_3^-) и растет концентрация уксусной кислоты, достигая максимума в ЭДГ (~350 мг/л), где также наблюдается максимальное содержание сульфида железа (20,35%). Образцы из системы поддержки пластового давления (ППД) отличаются от других изученных образцов. Нагнетаемая в систему вода представляет собой смесь пластовой и морской воды с преобладанием последней. По своему составу она близка к морской воде и характеризуется высоким содержанием сульфат-ионов на фоне низкой карбонатной щелочности. Как следствие, доминирование сульфатов в неорганической части осадка. Также отметим высокую коррозионную активность данной системы – наличие в осадке больших количеств окислов железа и других металлов.

Информация, полученная в результате исследования химического состава вод и отложений позволяет прогнозировать процесс осадкообразования в нефтепромысловом оборудовании, изучать механизмы образования отложений и выбирать подходящие методы очистки .

Литература

1. Маркин А.Н., Низамов Р.Э., Суховерхов С.В. Нефтепромысловая химия: практическое руководство. - Владивосток: Дальнаука, 2011.-288с.
2. Т.А. Бурдынь Химия нефти, газа и пластовых вод: изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Недра 1978. – 279 с.

F.G. Unger, L.V. Tsyro, F.F. Sannikov, A.F. Unger, M.F. Unger, A.V. Gumbin (Ф.Г. Унгер 1,3, Л.В. Цыро 1, Ф.Ф. Санников 2, А.Ф. Унгер 1, М.Ф. Унгер 4, А.В. Гумбин 2)

¹**National Research Tomsk State University, Tomsk**

²**Ungert Technologies, Vladivostok**

³**Far Eastern research, development and technology institute for construction, Vladivostok**

⁴**University of Notre Dame du Lac, USA**

SPIN NATURE OF THE SYSTEM OF OIL-GAS-WATER-ROCK (СПИНОВАЯ ПРИРОДА СИСТЕМЫ НЕФТЬ-ГАЗ-ВОДА-ПОРОДА)

Аннотация

В докладе критически рассмотрены работы, охватывающие аспекты существования системы нефть-вода-газ-коллектор в рамках взаимодействия между молекулами и атомами деталей этой многогранной системы. Показано, что наиболее результативно рассматривать взаимодействие между микрочастицами этой системы, как результат квантово-механических актов. Природа вещества в системе и взаимодействие ее деталей имеет не зарядовый, а спиновый характер со всеми практическими аспектами, следующими из этого вывода. Ограничения, накладываемые «только» зарядовой природой взаимодействия между микрочастицами, рассматриваются как тормоз, препятствующий развитию фундаментальных представлений о строении вещества.

Спиновая химия, гомолитические реакции, гомолитическая диссоциация (в 1900 году экспериментально обнаруженная Гомбергом), являются **антонимами** понятий «зарядовая химия», «электролитические реакции»,

«электролитическая диссоциация» (несколько ранее обнаруженная Аррениусом).

Идеология зарядовых силовых связей на основе закона Кулона, как единственных в любом веществе, построила высокую стену на пути дальнейшего идейного и информационного развития представлений о силовых взаимодействиях вообще и в частных случаях. Поскольку **экспериментально определяемое наличие в веществе** и в реакциях молекул с неспаренными электронами, открытое Завойским (электронный спиновый резонанс (ЭСР)) в середине 2-й мировой войны, воспринималось недостаточно серьезно, и объяснялось большинством исследователей с позиций зарядовых взаимодействий, в химии допущена грубая подмена неверными объяснениями обменных квантово-химических взаимодействий зарядовыми.

Химия использует фундаментальные физические законы для объяснения и прогнозирования организации связей в микрочастицах – молекулах между элементарными атомами, а с позиции молекулярной физики объяснения силовых актов всегда сводятся к взаимодействию заряженных частиц. Это происходит несмотря на малость «кулоновского интеграла» по сравнению с «обменным интегралом» в результатах решения уравнения Шредингера для выяснения силовых компонентов взаимодействия еще для атома водорода. Однако закон Кулона даже в этих случаях заставляет связывать получающиеся результаты с зарядовыми актами.

Учет спиновой структуры объясняет много больше экспериментов, нежели учет химических явлений, построенный на чисто зарядовых силовых актах. Спиновые особенности строения вещества ответственны за физику его существования и являются фундаментальными причинами его преобразования, в том числе и причинами зарядовых явлений в химии. Непреложно, что таблица элементов Д.И. Менделеева состоит из электронейтральных частиц, содержащих, или не содержащих в своих орбиталях неспаренные электроны. Взаимодействуя, эти элементы образуют весь существующий набор веществ в природе. Зарядовые явления обнаруживаются только при разрушении этих веществ. Ни один элемент периодической таблицы не может быть отнесен к заряженной частице, но каждый из них может быть отнесен к зарядово-нейтральным бозонам, или фермионам.

Казалось, что нефтяные дисперсные системы (НДС) – это некий особый класс вещества, в котором молекулы ведут себя не по законам физической и коллоидной химии. При нагреве из нее выпадают осадки

(названные асфальтенами), при растворении насыщенными углеводородами – тоже, тогда как должно быть наоборот. И, как выяснилось, главное отличие нефтяных систем от простых смесей органических и неорганических веществ состоит в том, что энергия взаимодействия между молекулами несет не зарядовый, а ярко выраженный обменный характер.

Исследовательская работа с НДС показала существование класса соединений, которые объединяются в ассоциаты не под воздействием зарядовых сил. Суть этой работы заключалась в том, что при применении скрупулезного количественного эталонирования, методом электронного спинового резонанса было показано, что асфальтены являются практически 100% концентратом молекул, содержащих один, или более неспаренных электронов. При этом эксперименты с электрофорезом не обнаруживают даже малейших признаков электрической проводимости в нефтяных системах, что свидетельствует об отсутствии (или ничтожности) доминирования зарядовых взаимодействий в этом классе вещества. Было также показано, что нефтяные смолы и дистилляты, в отличие от асфальтенов, спиновыми свойствами не обладают, или обладают ими в рамках примесного состояния, другими словами эти объекты не парамагнитны.

Более пристальное внимание к вопросу спиновых свойств НДС показало, что их парамагнетизм много выше, чем казалось, и не только в асфальтенах. Даже в некоторых сырых нефтях (например, месторождения «Арчинское») концентрация парамагнитных частиц иногда приближается к числу Авогадро. Последнее свидетельствует о важной (если не решающей) роли неспаренных электронов в нефтяных системах и необходимости глубокого подхода к изучению причин их присутствия, локализации в осадках с тривиальным названием «асфальтены», их лабильности и переменного количества в нефтяных системах и, наконец, к пересмотру природы диссоциативной системы – нефти, отличной от природы диссоциативной системы – соли, диссоциирующей на ионы.

Таким образом, экспериментальные данные вместе с квантово-механическими результатами исследований о спиновой природе асфальтенов, смол, и вообще, нефтеподобных дисперсных систем, оказались настолько убедительными, что заставили осуществить последующие шаги в исследовании других природных объектов. Кроме того и сама нефтяная система неразрывно связана как в процессах образования, так и миграции,

как с сопутствующими газами, так и с попутной водой, свойствами вмещающих систему пород.

Законы несмешиваемости бозонов и фермионов, их распределения в нефти, попутных воде и газах, склоняют чашу этих конкурирующих идей в пользу мантийных условий, т.е. нефть более правильно изучать в совокупности с водой, газами, и вмещающими породами, и термобарическими условиями ее образования и существования.

Возвращаясь к природе нефти (и других «каустобиолитов»), твердым фактом является то, что конечными продуктами мантийных реакций при любых наборах их протекания являются углерод, углеводороды, различные газы и вода. Сверхкритическое состояние любых компонентов химических реакций в мантийных условиях никаких сомнений не вызывает. Сверхкритическая вода способна содержать в себе любые растворенные вещества, тогда как вода в обычных условиях не такой уж хороший растворитель, как это было бы желательно для пластовых условий генерации нефти. В то же время сгенерированные в мантийных условиях углеводороды обязаны мигрировать по тем каналам, которые для них родственны как бозоны, или как фермионы. Наилучшими кандидатами для этого процесса являются мощные слои богатых органическими остатками приповерхностные отложения. Поэтому в качестве нефти можно ожидать смеси глубинных углеводородов с компонентами растворенных органических остатков. По-видимому, таких же событий можно ожидать и с глубинными компонентами воды, в том числе и той, которая сопутствует нефти.

Ввиду того, что сложные нефтеподобные системы часто содержат широкий набор всевозможных бозонов и фермионов, и практически без исключения существуют в условиях гравитации, различных давлений и температур, все эти обстоятельства требуют учета. Системы, генерирующие нефть, невозможно рассматривать без роли воды, а также роли окружающих сред – вмещающие породы, газы. Условия существования этих систем, находящихся почти всегда, или, по крайней мере, некоторое время, в сверхкритических условиях температур и давлений, привели к экспериментальным фактам, а затем и к пониманию, что возникновение нефтеподобных объектов связано не столько с осадочным материалом, сколько с глубинными ретроградными процессами, предсказанными еще Д.И. Менделеевым. Эксперименты с 8 юрскими нефтями Томской области России показали, что температуры образования основной массы этих

нефтяных систем лежит в диапазонах от 1000 и более градусов Цельсия, а не в области пластовых температур. И логика подсказывает, что исследования основного материала нефти в большинстве работ «заменяется» исследованием смеси этого основного материала (глубинного!) с органическими останками, сосредоточенными в путях миграции основного материала к областям залежей. На этом фоне любопытна роль воды. Одна ее часть, глубинная, отчетливо предстает в связи с ее наполненностью солями жесткости. Эта часть вливается в поток общего кругооборота воды – атмосферных осадков. Кроме того, становится очевидной мысль, что идея о «скором исчерпании нефти» не более, как фикция, основанная на заблуждениях об источнике формирования нефти. Изобретение принципиально новых способов глубинного бурения может сильно смягчить остроту этой проблемы.

Путаница, связанная с весьма противоречивой и далекой от экспериментального подтверждения идеологией пластового происхождения нефти, конечно должна быть преодолена, и тогда многие реакции, виновные в генерировании нефти различного состава и качества, могли бы дать какие-то намеки на распределение по составу исходных веществ в мантии территориально. Например, высоко сернистые астраханские месторождения не могут не иметь различного типа исходные вещества, генерирующее нефтяной флюид, по сравнению с исходными веществами, генерировавшими малосернистые месторождения других регионов. Более того, залегание минералов, таких как золото, сера, платина и др., не могут не отвечать закону сосредоточения скоплений бозонов в среде сверхкритически сжатых и разогретых до высочайших температур фермионов в мантийной обстановке. Эти соображения привели к мысли, что основная масса горных пород, в том числе и «вмещающих», должна быть богато насыщена молекулами с неспаренными электронами, вплоть до атомного состояния, достигнутого гомолитическими распадами в мантийных условиях, имеющих в качестве итога всех процессов нефтяное месторождение в ловушке.

Необходимость получения сведений о взаимодействии вмещающих пород и нефти выявила экспериментально (хотя и ожидаемо, но опять же неожиданно для идеологии гетеролитических процессов), что практически **все** горные породы являются концентратом молекул с неспаренными электронами, иногда практически 100%. Причем многие из них содержат

кратное количество неспаренных электронов, что экспериментально проявляется в их концентрации в породах, превышающей число Авогадро.

В заключение можно констатировать: вся цепь недоразумений при исследовании нефтеподобных систем снимается, если прийти к пониманию того, что молекулы нефтяной системы диссоциируют на радикалы, а не на ионы. Полярность молекул нефтяной системы обусловлена не зарядовым дипольным моментом, а дипольным моментом, силовые свойства которого основаны на спиновых свойствах, и тем, что основным типом внутри- и межмолекулярных взаимодействий в нефтяной системе является обменный, а не зарядовый.

V.S. Vlasenko, V.V. Slesarenko, E.N. Meshkov, A.V. Nikitina
(*В.С. Власенко, В.В. Слесаренко, Е.Н. Мешков, А.В. Никитина*)

FEFU, Vladivostok

**STUDY MODES TREHPOTOCHNOY VORTEX TUBE TO PREPARE
THE GAS (ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРЕХПОТОЧ-
НОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НЕФТЯНОГО ГА-
ЗА)**

Аннотация

В качестве объекта исследования в статье рассматривается вихревая труба с сепарационным элементом. Подобного рода трубы используются в системах низкотемпературной подготовки газа к транспорту. В статье приведены данные по экспериментам с трехпоточной вихревой трубой. Авторами исследовались различные режимы работы вихревого аппарата. В работе приведены зависимости основных характеристик доли холодного потока для трехпоточной вихревой трубы. Экспериментально были подтверждены эффективные режимы работы ТВТ на сухом воздухе.

Введение

Полезное использование попутного нефтяного газа является одной из важнейших ресурсосберегающих задач. Например, в Российской Федерации в 2012 г., при валовой добыче ПНГ в 70 млрд. м³, было сожжено в факелах более 16 млрд. м³ ПНГ [1]. По постановлению правительства РФ

№ 1148 предельно допустимое значение показателя сжигания ПНГ на факельных установках не должно превышать 5 % от объема общей добычи, однако Россия пока остается мировым лидером по сжиганию ПНГ. В 2012 году Минприроды оценивало ежегодные потери экономики от сжигания ПНГ в \$5 млрд., а упущенную выгоду от отсутствия его переработки – в \$14 млрд. в год [5]. Среди известных методов сокращения выбросов ПНГ – это транспорт ПНГ на газоперерабатывающие заводы, подготовка и подача в магистральный газопровод, генерация электрической и тепловой энергии. Однако для этого необходима подготовка газа различной степени сложности. В России, для промышленных условий, наибольшее распространение получили низкотемпературные методы конденсации примесей из ПНГ, где в качестве генераторов холода применяются различные расширительные газодинамические аппараты. Среди них можно отметить традиционные – дроссели и турбодетандеры и нетрадиционные – вихревые трубы [3,6], пульсационные охладители газа, газодинамические сверхзвуковые сепараторы [9], волновые детандеры. Из нетрадиционных технологий наиболее опробованной и зарекомендовавшей себя при работе на ПНГ является вихревая труба, в которой реализуется эффект Ранка-Хилша [2,4,8]. Особое трехпоточное исполнение вихревых труб, наличие поворота газовой струи с большим ускорением и более высокая температурная эффективность по сравнению с дросселем позволяет более рационально использовать вихревые трубы как низкотемпературные сепараторы.

Экспериментальная часть

Для исследования процессов вихревой холодогенерации и сепарации, на кафедре нефтегазового дела и нефтехимии ДВФУ была разработана и сконструирована лабораторная установка с трехпоточной вихревой трубой (рис 1). В состав основного оборудования входят: компрессор AVAS Genesis 11 производительностью до 84 м³/ч и давлением 1 МПа, трехпоточная вихревая труба, пластинчатый теплообменник, конденсаторы-сборники и измерительные приборы. Вихревая труба подключена к пневмосети через полипропиленовые трубопроводы $DN_{inlet} = 20 \text{ mm}$, $DN_{outlet hot} = 25 \text{ mm}$ и $DN_{outlet cold} = 32 \text{ mm}$. Параметры работы вихревой трубы измерялись температурными датчиками термосопротивления (температурный диапазон - 223...453 °К, погрешность $\pm 1^\circ\text{K}$), датчиками давления с токовым сигналом 4...20 мА (диапазон давления 0...1,6 МПа, погрешность $\pm 0,5\%$), вихревыми

датчиками расхода (диапазон расхода 4-32 м³/ч для входящего потока и 3,5-120 м³/ч для «горячего» и «холодного» потоков, с погрешностью $\pm 1\%$).

Эксперименты проводились с сепарационным узлом в виде кольцевой щели с шириной 1 мм, который расположен в 40 мм от соплового ввода. Диаметр камеры энергоразделения составляла 10 мм. Диаметр отверстия диафрагмы было 5,5 мм. На конце вихревой трубы была расположена крестовина протяженностью 20 мм. Сопло было выполнено в виде криволинейных каналов и имело 5 заходов. В качестве рабочей среды использовался сухой воздух. Расход горячего и третьего потока регулировались вентильными задвижками, которые располагались на трубопроводе.



Рис. 1. Фото разработанной лабораторной установки

Обсуждение

В экспериментах использовался широкий диапазон работы вихревой трубы ($\mu = 0 \dots 1$). Обработка данных позволила составить графики сравнения и оценить влияние наличия сепарационного зазора в теле вихревой трубы (рис. 2). Для наглядности была построена линия тренда ДВТ через полином третьей степени.

Авторы [2] считают, что самый эффективный режим работы трехпоточных вихревых труб лежит в диапазоне доли холодного потока $\mu = 0,95 \dots 1$. Однако в наших экспериментах, в этом режиме, температурный эффект трубы резко падает. Возможно, это во многом обусловлено отсутствием жидкой фазы в кожухе, которая могла бы дополнительно охлаждать стенки трубы около регулирующего вентиля горячего потока. Так же полученные результаты противоречат выводам автора [7]. Для ТВТ с долей 3-го потока $\mu_3 \approx 0,30 \dots 0,05$ наблюдается повышенная температур-

ная эффективность в области доли холодного потока $\mu=0,2\dots0,6$. При этом спад температурной эффективности для ТВТ лежит в области $\mu>0,6$ и чем больше доля третьего потока, тем заметнее разница в обоих направлениях. Максимальная холодопроизводительность для исследуемой ТВТ лежит в диапазоне доли холодного потока $\mu=0,5\dots0,6$, и по своим значениям близка к ДВТ при $\mu=0,6\dots0,7$ (рис. 3).

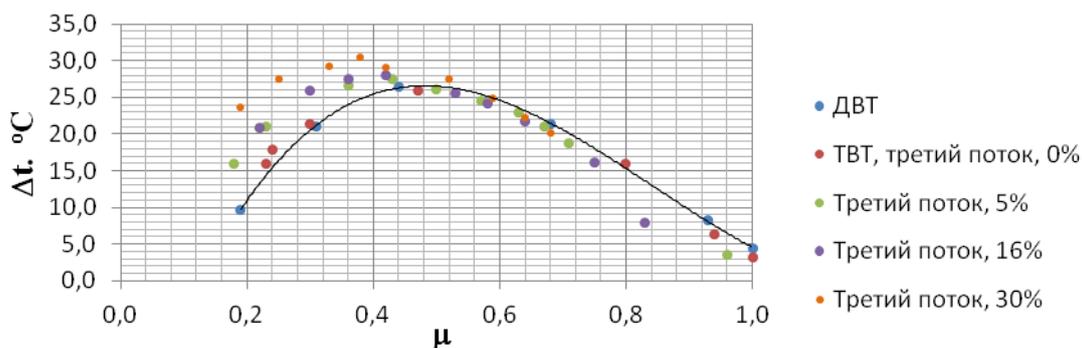


Рис. 2. Сравнение температурной эффективности в зависимости от доли холодного потока для ДВТ и ТВТ с долей третьего потока $\mu_3=0$; $\mu_3=0,05$; $\mu_3=0,16$; $\mu_3=0,3$ при $\pi = 7$

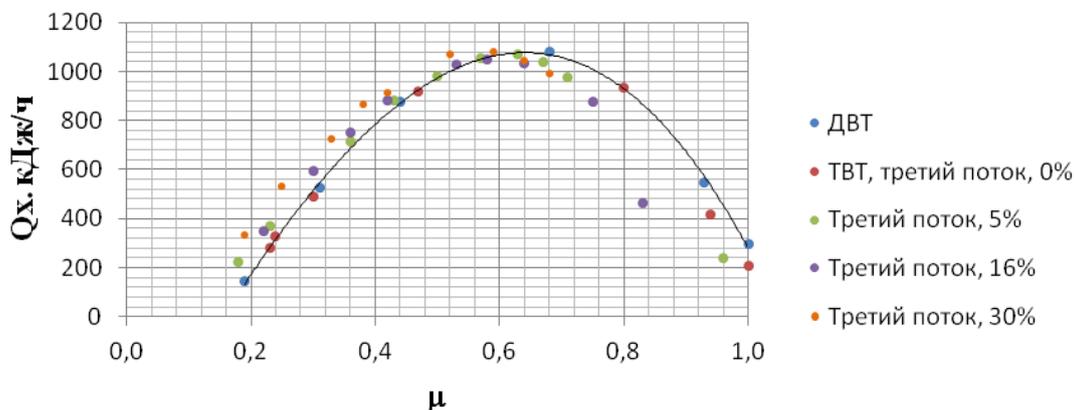


Рис. 3. Холодопроизводительности в зависимости от доли холодного потока для ДВТ и ТВТ с долей третьего потока $\mu_3=0$; $\mu_3=0,05$; $\mu_3=0,16$; $\mu_3=0,3$ при $\pi = 7$

Выводы

Экспериментально было обнаружено положительное влияние сепарационного узла на температурную эффективность ВТ в области $\mu=0,2\dots0,6$ и отрицательное в области $\mu>0,6$. Из приведенных данных видно, что ТВТ с режимом $\mu=0,5$; $\mu_r=0,2$; $\mu_3=0,3$ является более эффективным, нежели режим с $\mu \rightarrow 1$. По графикам видно, что в режиме с $\mu \rightarrow 1$ сни-

жается холодопроизводительность, а так же температурный перепад. Рост величина доли третьего потока в области $\mu_3=0..0,3$ влияет на температурную эффективность, имея при этом усиление и ослабление на соответствующих режимах.

Литература

1. «Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов» // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – Москва, 2012;

2. Жидков М.А., Бунятов К.Г., Иванов Р.Н., Габдулхаков А.Х., Спиридонов В.С., Кирикова О.В., Жидков Д.А. Температурная эффективность высокорасходных ТВТ на установке подготовки нефтяного газа Комсомольского месторождения (опыт пусконаладки) // НГН, №5,2012. – С. 46-52;

3. Меркулов А. П. Вихревой эффект и его применение в технике. – М1 : Машиностроение. - 1969. - 184 с;

4. Рябов А.П. Разработка и исследование' технологии низкотемпературной очистки и осушки нефтяного попутного газа // Дис. канд. техн. наук. - Тюмень, 2007;

5. Рубцов А. Утилизация попутного нефтяного газа. Проблема 2012. Сколково. Энергетический центр. 2012;

6. Пиралишвили Ш.А., Поляев В.М., Сергеев М.Н. Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения // Москва УНПЦ «Энергомаш», 2000 г. - 400 с.;

7. Целищев А.В. Методика расчета и моделирования фазоразделения газожидкостного потока в противоточной вихревой трубе // Дис. к. т. н. - Уфа, 2012.

8. Gutak, AD. Experimental investigation and industrial application of Ranque-Hilsch vortex tube // International journal of refrigeration №49, (2015), p. 93-98;

9. Mohammad Haghghi, Kelly Ann Hawboldt, Majid Abedinzadegan Abdi. Supersonic gas separators: Review of latest developments // Journal of Natural Gas Science and Engineering №27 (2015), p. 109-121.

M. Zemenkova, V. Kurushina, Yu. Zemenkov, M. Alexandrov, L. Markova
(*М.Ю. Земенкова, В.А. Курушина, Ю.Д. Земенков, М.А. Александров,*
Л.М. Маркова)

Tyumen Industrial University, Tyumen

**ASSESSMENT OF HYDRAULIC RELIABILITY OF HYDROCARBON
RESOURCES' TRANSPORT (ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ
НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ
РЕСУРСОВ)**

Аннотация

Авторами разработан комплекс показателей для оценки функциональной надежности объектов транспорта углеводородов. В качестве примера показаны результаты моделирования показателя гидравлической надежности для транспорта нефти и нефтепродуктов. Доказано, что предложенный показатель позволяет проводить мониторинг надежности объекта, а также его технической и экономической эффективности. Разработанная методика оценки надежности и модель показателя позволяет по зарегистрированному блоку диспетчерских данных в режиме реального времени сканировать развитие состояние технической системы и получить различные устойчивые экспертные оценки надежности, обеспечивая постоянный контроль за эффективностью работы нефтепровода.

Abstract

The authors develop a complex of indicators to assess the functional reliability of hydrocarbon transportation objects. The results of modeling of the hydraulic reliability indicator in petroleum and petroleum product transportation are presented as an example. It is proved that the proposed indicator allows to perform the reliability monitoring of the object, and also monitoring of its technical and economic efficiency. Using the registered block of dispatching data in online mode, the suggested method of reliability assessment and the indicator model allow to track development of condition of the technical system and to obtain different stable expert assessments of reliability, that provides constant control of the work efficiency of petroleum pipeline.

Современные условия эксплуатации трубопроводных систем, как опасных производственных объектов, требуют принятия решений, способствующих повышению их безопасности и надежности. Требования безопасности РФ обуславливают необходимость особого контроля технического ресурса линейной части и нефтеперекачивающих станций (НПС). Отклонение в процессе эксплуатации рабочих параметров системы от плановых требует соответствующего контроля и регулирования. Необходимы разработки, повышающие эффективность и совершенствующие процесс управления в целом эксплуатируемых опасных производственных объектов, что ставит задачи по систематизации, анализу, контролю и управлению показателями надежности опасного производственного объекта. В настоящее время в ряде случаев регулирование осуществляется без учета влияния на показатели безопасности и надежности объекта, учитывая в основном экономический фактор, со значительным отставанием по времени.

Отечественный и зарубежный опыт применения различных средств контроля технического состояния в процессе эксплуатации ТС показывает, что использование в этих целях программных комплексов или систем поддержки принятия решений является эффективным. Особое значение приобретает не только оценка фактического состояния, но и оценка прогнозных показателей.

Ужесточение международных экологических требований к промышленным объектам обуславливает необходимость разработки методик и технологий мониторинга процессов для проведения экспертных оценок технологического состояния объектов различными федеральными службами надзора и независимыми общественными организациями. Эксплуатирующие организации в условиях кризиса заинтересованы в технологиях оперативного принятия эффективных решений по техническому обслуживанию и повышению функциональной надежности систем трубопроводного транспорта.

Разработанная авторами методика оценки сохраняемости гидравлических параметров систем трубопроводного транспорта основана на оценке гидравлических параметров и характеристик. Таким образом, в качестве показателя, характеризующего надежность поставки продукции и позволяющего давать оценку функциональной надежности и сохраняемо-

сти системы, может быть использован безразмерный коэффициент гидравлической надежности.

В соответствии с поставленной целью основными задачами на этапе математического моделирования коэффициента гидравлической надежности являются:

- 1) моделирование технологического процесса транспорта (гидравлический расчет);
- 2) моделирование показателя сохраняемости гидравлических характеристик системы;
- 3) апробация разработанной модели.

Одним из показателей, характеризующих надежность поставки продукции и позволяющих давать оценку функциональной надежности и сохраняемости системы, может быть безразмерный коэффициент гидравлической надежности:

$$J_{ni} = \frac{N_i}{N_0} = \frac{\rho_i \cdot g \cdot Q_i \cdot \Delta H_i}{\rho_0 \cdot g \cdot Q_0 \cdot \Delta H_0} = \left(\frac{\rho_i}{\rho_0} \right) \cdot \left(\frac{Q_i}{Q_0} \right) \cdot \left(\frac{H_i}{H_0} \right), \quad (1)$$

где N_i - значение полезной мощности в i -ый период времени, $N_i = \rho g H_i Q_i$; N_0 - значение полезной мощности в начальный (базовый) период эксплуатации, $N_0 = \rho g H_0 Q_0$; Q_i - производительность нефтепровода в i -ый период времени; Q_0 - проектная производительность нефтепровода в i -ый период времени; ΔH_i - потери напора на участке при производительности Q_i нефтепровода; ΔH_0 - проектные потери напора на участке при производительности Q_0 нефтепровода.

Методика имеет множество вариантов применения в зависимости от цели мониторинга и типа объекта.

Следует заметить, что широко применяемый на практике коэффициент гидравлической эффективности E является частным решением коэффициента гидравлической надежности. Расчет ΔH_i по уставкам даст завышенный результат по величине гидравлических потерь, однако при расчетах достаточных для анализа эксплуатационных режимов можно принимать $\Delta H_i = \Delta H_p$, определенного по действительной производительности трубопровода.

Разработанная методика может быть использована не только для оценки надежности функционирования объекта, но и для оценки экономических убытков, наносимых предприятию, эксплуатируемому при ре-

жимах отличных от проектных, при расчете коэффициента J_H по потребляемой мощности.

Система оценки надежности апробирована при прогнозировании способности действующего нефтепровода сохранять эффективность в пределах, установленных технической документацией. При анализе экспериментальных данных различных нефтепроводов, например, было установлено, что эффект от отчистки наблюдается в 65% случаев и производится при снижении эффективного диаметра менее чем на 1% или при снижении эффективности менее чем до уровня $E=0,952$. Это факт противоречит правилам технической эксплуатации нефтепроводов и способствует увеличению стоимости перекачки. Только в 35% очисток наблюдается эффект от проведения очистки, выраженный в увеличении эффективного диаметра и следственно эффективности работы нефтепровода. По итогам эксперимента также установлено, что применение штатной аппаратуры и информации об одном эксперименте не дает оснований для использования полученных данных для статистической обработки и выявления зависимости коэффициента E от времени из-за низкого коэффициента корреляции.

С учетом перспектив освоения месторождений, условий прохождения трассы, свойств жидкостей трубопроводы Западной Сибири запроектированы на различную производительность при одинаковых диаметрах. По результатам обработки многочисленных экспериментальных данных авторами получены зависимости для экспресс-оценки значений коэффициента гидравлической надежности. Например, для нефтепроводов диаметром 1220мм, запроектированных на различные производительности, кривые изменения J_H (рис.1) зависимость имеет вид:

$$J_H = 1,016 \cdot Q_{np}^{-2,7634} \cdot Q_{\phi}^{2,745}, \quad (9)$$

где Q_{np} , Q_{ϕ} – проектный и фактический массовые расходы соответственно, m^3/c .

Анализ значений коэффициента гидравлической надежности позволяет сделать вывод о том, что на исследуемом нефтепроводе межочистой период целесообразно увеличить, а количество очисток сократить. В среднем эффективность работы нефтепровода уменьшается на 0,01 за 1,5 месяца или 0,08 в год. Таким образом, эффективность работы нефтепровода, по прогнозам, достигнет значения 0,952 через 7 месяцев после

очередной очистки. На основании этого предложено увеличить межочисточной период на указанный срок.

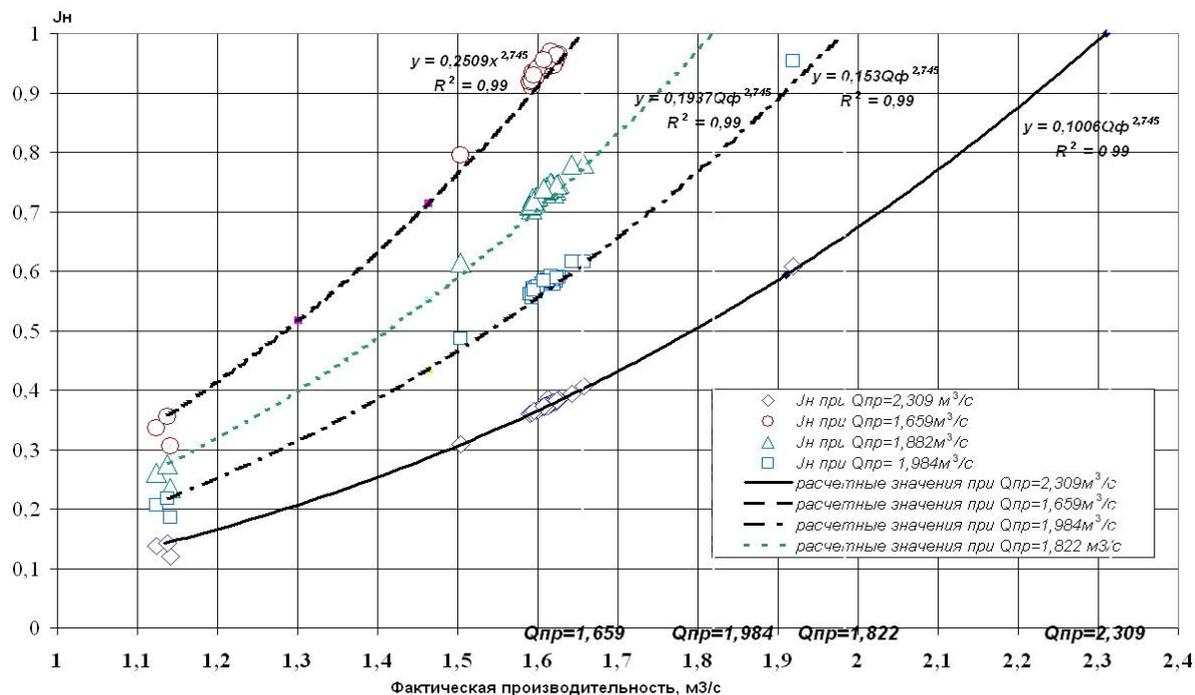


Рис.1. Коэффициент гидравлической надежности при различных режимах перекачки (Q , m^3/c)

Полученные результаты дают возможность определить не только количественные характеристики уровня надежности трубопровода для последующих экспертных и оперативных оценок, но и позволяют принять оперативные решения по проведению очередных очисток нефтепровода не по предварительно составленному плану-графику, а на основании действительного уменьшения функциональной надежности нефтепровода.

Таким образом, разработанная модель мониторинга надежности, встроенная в автоматизированную систему управления надежностью позволяет по зарегистрированному блоку диспетчерских данных в режиме реального времени сканировать развитие показателей надежности трубопроводных систем и получить различные устойчивые экспертные оценки функциональной надежности, обеспечивая постоянный контроль за эффективностью работы нефтепровода.

СЕКЦИЯ 10. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

G. Biktimirova (Г.Ф. Биктимирова)

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

MODERN INFORMATION SUPPORT FOR QUALITY MANAGEMENT AT MACHINE-BUILDING ENTERPRISES OF RUSSIA (СОВРЕМЕННОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА РОССИЙСКИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ)

Аннотация

Определены и проанализированы противоречия в содержании информации, разработанной для обеспечения качества в системе Тейлора, и достаточной для улучшения качества продукции на отечественных машиностроительных предприятиях в соответствии с международными стандартами. Предложен метод формирования информационно-технологического сопровождения качества продукции на этапах проекта подготовки производства и выпуска нового продукта, обеспечивающий управление ключевыми показателями его качества и результативность процесса управления качеством на отечественных машиностроительных предприятиях.

В соответствии с международными требованиями поставщик продукции обязан подтверждать не только способность процессов выпускать качественную продукцию, но и качество управления полным жизненным циклом проекта разработки и подготовки производства изделия. Так, по требованиям ISO/TS 16949:2009 поставщик автокомпонента должен подтвердить стабильность процесса производства автокомпонента по специальным и ключевым характеристикам [1].

Действующая практика достижения стабильности процесса изготовления продукции на отечественных машиностроительных предприятиях недостаточно результативна. Как правило, подготовка производства происходит в усеченном варианте, а уже после выявления несоответствий в серийном производстве начинается поиск причин с использованием методов решения проблем: «5 почему», «Диаграмма Исикавы», «8D» и т.д. Как

правило, это трудоемкая авральная работа (рисунок 1). Появляются огромные потери времени, не гарантирующие защиту от главных рисков-необнаружения значимых причин несоответствий.

Стандартизованное информационное сопровождение процессов на отечественных предприятиях – это законсервированный подход Тейлора. Он ограничивает управление процессами применением альтернативного контроля. Его суть - из имеющихся исходных данных специалист должен сформировать комплект технологических документов для его утверждения. При этом объем информационного сопровождения будущего процесса, уже определен стандартизованными формами по соответствующим технологиям (штамповка, окраска и др.). По сути это «выталкивающая» схема подготовки информации [2, 3].

Стандарт ISO/TS 16949:2009 не определяет, какой именно процесс производства (маршрут, операция и т.д.) подразумевается под термином «процесс», что не позволяет однозначно запланировать инструменты управления для обеспечения результативного регулирования значений отклонений показателей качества изделия.

Очевидно, что информационная подготовка процесса управления качеством изделия у отечественного производителя требует существенного улучшения.

В качестве объекта управления предложено выделить простейший процесс, обеспечивающий основу для структурирования информации для управления качеством. Это – отдельно взятый технологический переход, в котором формируется или обеспечивается хотя бы один ключевой показатель качества изделия. Тогда инструментом для управления значениями отклонений показателей качества изделия – должен быть его набор ключевых контрольных характеристик (КХТП) [2]. Все они сведены в следующие группы:

- 1) показатели точности положения модулей оборудования и оснастки, а также их значимые для КПК технические характеристики;
- 2) параметры наладки на выполнение технологического перехода;
- 3) характеристики, действующие непосредственно в самом процессе взаимодействия в технологическом переходе (технологические режимы, показатели внешней среды).

Установлено, что нерезультативная регулировка процесса на рабочем месте серийного производства вызвана именно упущениями в определении КХТП и отсутствием планов реагирования (рисунок 1).

Предложено взамен действующей схемы оформления и утверждения стандартного комплекта технологической документации ввести новое понятие:

«информационно-технологическое сопровождение качества» (ИТСК): система документированных требований и данных, обеспечивающих результативное снижение значимых отклонений всех показателей качества, а также прослеживаемость информации при выполнении всех видов работ на этапах проекта подготовки производства, выпуска и поставок изделия.

Для достижения оптимального управления показателями качества изделия требуется:

1. Обеспечить выверенный перечень информации на вход технологического проектирования изделия.
2. Разработать методы измерений показателей качества изделия, требования к изделию и процессам изготовления.
3. Обеспечить планирование, анализ данных в ходе изготовления изделия.
4. Обеспечить регулярное подтверждение заказчику выполнения требований стандарта и заказчика в ходе изготовления изделия.

Формирование ИТСК предложено осуществлять в привычной для специалистов процедуре технологической подготовки производства изделия, где на соответствующем этапе требуется добавить разработку дополнительной информации для регулирования значений отклонений показателей качества изделия (подготовка метрологического обеспечения, планов управления качеством). Но исходными данными являются требования заказчика. Тем самым обеспечивается реализация работ по «вытягивающей» схеме, создаются условия для оценки способности в управлении качеством [2, 3].

Основа ИТСК даст возможность организовать оценку способности предприятия – заказчика по качеству управления информацией (её соответствие требованиям ISO/TS 16949:2009; требованиям заказчика; единство информации внутренних и внешних документов; применение информации для управления). Полный комплекс документации и данных информационно-технологического сопровождения качества изделия на этапах проекта подготовки производства и выпуска представлен на рисунке 2.

Таким образом, выполняются требования ISO/TS 16949:2009; поддерживается необходимая глубина прослеживания информации в серийном производстве; обеспечивается и максимальная оперативность планируемых корректирующих действий. Однако, пожалуй, самый важный результат работы - это достижение компетентности специалистов на основе глубокого изучения ими содержания технологий.

Литература

1. ГОСТ Р 51814.6-2005 Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов.

2. Касьянов С.В., Биктимирова Г.Ф. Технологический переход как ключевой процесс управления качеством продукции в соответствии с ИСО/ТС 16949:2009 // Автомобильная промышленность, №3, 2014. – С. 27-29.

3. Васильев В.А., Биктимирова Г.Ф. Информационное обеспечение для управления качеством автокомпонентов // Качество. Инновации. Образование. №8 2015.- С. 24-28.

S. Chekardovski, I. Chekardovski, M. Chekardovski (С.М. Чекардовский, И.А. Чекардовская, М.Н. Чекардовский)

Tyumen Industrial University, Tyumen

THE METHOD OF ASSESSING THE LEVEL OF PRODUCTION EFFICIENCY (МЕТОД ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА)

Аннотация

Ограниченность финансовой основы для инвестиций в различные предприятия повышает значение и актуальность мер институционно - организационного характера, создающих при ограниченных затратах необходимые условия для эволюционного развития предприятий нефтяной и газовой промышленности, их адаптации к важнейшему атрибуту рыночной экономики - конкурентной среде. В современных условиях организация производства в основном ориентируется на данные о спросе потребителей на конкретные виды продукции или услуг. Это позволяет реагировать на изменения спроса, но не позволяет синтезировать в настоящем периоде большое количество явлений, которые проявятся в различные мо-

менты будущего. Важнейшим инструментом решения специальных и структурных проблем организация производства, возникающих в современных условиях, является рыночное планирование, которое в отличие от традиционных систем, используемых для разработки планов, ориентирует производство на взаимодействие с внешней средой.

Многими предприятиями упускается момент адаптации к вероятным угрозам (рискам) и возможностям во внешней среде при достижении намеченных целей [1].

Методологическая проблема организации производства заключается в том, что требуется совместить две противоречивые цели: с одной стороны, обеспечить стабильность планов развития, с другой стороны, допускать изменения в конкурентной среде для использования открывающегося разнообразия форм и достижения эффективной деятельности с последующей оптимизацией [2, 3].

Разрешение этой методологической проблемы требует системного подхода, объединяющего в интерактивном цикле два связанных процесса: обучения и эволюции (модификации) производственных систем. Обучение реализуется прямым процессом организации производства «от достигнутого (известного) уровня», представляющего собой упорядоченную во времени последовательность событий от настоящего момента ($t = 0$) к будущему ($t = T$). Результатом процесса является прогнозирование вероятного (логического) будущего состояния (исходов) производства в зависимости от тенденций изменений во внешней среде, целенаправленных действий других участников конкурентной среды, влияющих на возможные исходы и закономерности развития производства.

Целесообразные эволюционные изменения в деятельности организованных производственных систем определяются на основе обратного процесса организации. Состояние производства рассматривается, начиная с наиболее привлекательного (желательного) исхода в момент времени ($t = T$) в обратном направлении к настоящему ($t = 0$). На основе обратного процесса выявляются эффективные стратегии и набор средств, обеспечивающих повышение вероятности желательных для предприятия исходов и снижающих вероятность нежелательных исходов. Этот процесс называется организацией производства «от конечного результата».

На практике каждый из процессов в отдельности не может обеспечить эффективную организацию производства из-за отсутствия контроля

сходимости логического исхода, определяемого начальным состоянием производственной системы и тенденциями внешней среды, и желательного исхода, являющегося следствием модификации компонент производственной системы. Объединение двух процессов в едином интерактивном цикле позволит создать необходимые общие рамки для количественной оценки и контроля процесса сближения планируемых результатов [3].

Процесс организации производства является следствием большого числа взаимодействий различного типа объективными и субъективными факторами, отличающимися значимостью, а также возникающими отношениями между различного типа потребителей и субъектами рынка, имеющие различные цели и интересы. Эти факторы определяют вероятность одной из возможных альтернатив развития производственной системы, которая будет приемлема для всех заинтересованных групп с определенной степенью компромисса.

Построение общей математической модели организации производства, обеспечивающей учет многочисленных факторов и противоречивых интересов, затруднительно вследствие неявной формы взаимозависимости многих факторов и интересов. В настоящее время разработано значительное количество математических методов, применяемых в организации производства и позволяющих находить оптимальные варианты решения ряда задач: определение оптимального распределения производственной нагрузки, оптимальной эффективности производства, оптимального использования производственной мощности и др.

Все эти задачи носят экстремальный характер, т.е. имеют целью нахождение наибольшей или наименьшей искомой величины. Это значит, что решение задачи должно дать, например, наибольший объем выпуска продукции или оказываемых услуг, наибольший размер прибыли или наименьшие затраты, наименьшую себестоимость выпускаемой продукции или оказываемых услуг и т.д. Поскольку решение этих задач осуществляется в ограничивающих условиях, то оно приобретает характер оптимизации использования имеющихся ресурсов, т.е. наиболее выгодного их использования в данных ограничивающих условиях.

Известно что себестоимость продукции представляет собой сумму всех денежных затрат предприятия на производство, реализацию продукции или оказываемых услуг [4]. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономиче-

ским содержанием по следующим элементам: материальные затраты, M_3 (за вычетом стоимости возвратных доходов); расходы на оплату труда, $P_{o.t.}$; отчисления на социальное страхование, $O_{c.c.}$; отчисления на медицинское страхование, $O_{m.c.}$; амортизационные отчисления на основные фонды, $O_{a.m.}$; прочие расходы, $P_{п.}$

К прочим относятся следующие расходы: обязательные отчисления в государственный фонд содействия занятости $O_{c.з.}$; платежи по обязательному страхованию имущества предприятия, учитываемого в составе производственных фондов, $П_{c.m.}$; плата по процентам за краткосрочные кредиты банков (кроме процентов по просроченным и отсроченным ссудам и ссудам, полученным на восполнение недостатка собственных оборотных средств $П_{к.р.}$; затраты на ремонт основных фондов $Z_{рем.}$; другие затраты $Z_{др.}$

Себестоимость продукции по основным элементам затрат можно представить в следующем виде [4]:

$$C = \sum Z_i = M_3 + P_{o.t.} + O_{c.c.} + O_{m.c.} + O_{a.m.} + P_{п.}, \quad (1)$$

где $P_{п.} = O_{c.з.} + П_{c.m.} + П_{к.р.} + Z_{рем.} + Z_{др.}$

При группировке затрат по экономическим элементам не учитывают место возникновения и назначения расходов.

Группировка затрат по элементам используется для составления сметы затрат на производство, а группировка по статьям расхода – при калькуляции себестоимости обслуживания оборудования или реализуемой продукции.

Для расчета себестоимости оказываемых услуг (техническое обслуживание вспомогательного оборудования на компрессорных станциях в количестве $n_б = 1000$ штук в базовом периоде и $n_{отч} = 1200$ штук в отчетном периоде) составлены исходные данные R – выручка от реализации объема услуг, тыс. руб., $П$ – валовая прибыль, тыс. руб.

По формуле (1) рассчитана себестоимость для базового периода и отчетного периода ($C_б$ и $C_{отч}$). Для эффективной организация производства и оптимизации обслуживания вспомогательного оборудования на компрессорных станциях (КС) разработан алгоритм и программа расчета.

Алгоритм содержит расчетные формулы, полученные в результате адаптации алгоритма балансировки роторов ГПА в собственных подшипниках, заложенного в специальных приборах фирмы «Диамех» г. Москва. Расшифровка алгоритма выполнена при анализе статистических данных уравнений, представленных в литературе [5].

Разработанный алгоритм включает расчет чувствительности затрат производства в зависимости от количества обслуживания оборудования на КС [6, 7]:

$$a_i = \frac{Z_{\text{бi}} - Z_{\text{отчi}}}{n_{\text{отч}} - n_{\text{б}}}, \quad (2)$$

где $Z_{\text{бi}}$ и $Z_{\text{отчi}}$ – затраты производства в базовом и отчетном периоде, тыс. руб; $n_{\text{отч}}$ и $n_{\text{б}}$ – соответственно количество обслуживаемого вспомогательного оборудования в отчетном и базовом периоде шт; a_i – чувствительность, тыс.руб/шт.

Максимальное количество обслуживаемого оборудования, штук:

$$n_{\text{max}} = \frac{\sum_{i=1}^n (Z_{\text{бi}} \cdot a_i)}{\sum_{i=1}^n a_i^2} \quad (3)$$

Ожидаемые затраты при обслуживании, тыс. руб.:

$$Z_{\text{ожi}} = Z_{\text{бi}} - (a_i \cdot n_{\text{max}}) \quad (4)$$

Оптимальные затраты при обслуживании, тыс. руб.:

$$Z_{\text{оптi}} = Z_{\text{бi}} - (a_i \cdot n_{\text{опт}}) \quad (5)$$

Ожидаемая себестоимость

$$C_{\text{ож}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{ожi}} \quad (6)$$

Эффективность изменения затрат, %

$$\Theta = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{\text{бi}} - \sum_{i=1}^n Z_{\text{ожi}}}{\sum_{i=1}^n Z_{\text{бi}}} \cdot 100 \quad (7)$$

Анализ результатов расчета показал, что себестоимость в отчетном периоде по сравнению с базовым периодом снизилась на 9,85% при техническом обслуживании дополнительных 200 штук вспомогательного оборудования на компрессорных станциях. Рассчитанная чувствительность каждой затраты, к 200 штукам дополнительно обслуженного оборудования в отчетный период, позволила определить максимально возможное количество оборудования $n_{\text{max}} = 2260$ штук для снижения себестоимости до минимального значения ожидаемой себестоимости $Z_{\text{ожi}} = 1789$ тыс. руб., что дает эффективность снижения затрат, то есть себестоимости на 62,1% по сравнению с себестоимостью в базовом периоде.

Вывод

Разработанный метод оценки уровня экономической эффективности производства в результате определения рационального количества обслуживаемого оборудования на компрессорных станциях позволяет рассчитывать чувствительности затрат и их эффективность при условии снижения суммарных затрат.

Литература

1. Ожегов С.И. Словарь русского языка: Под редакцией Н.Ю.Шведовой. – М.: Рус. яз., 1989. – 924 с.
2. Петухов Г.Б., Якунин В.И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем./М.: АСТ, 2006. – 504с.
3. Ерохина Л.И., Башмачникова Е.В. Прогнозирование и планирование в сфере сервиса: учебное пособие - М.: 2004. - 224с.
4. Стреляев В.С. Организация, планирование и управление предприятиями текстильной и легкой промышленности: учебник для вузов- М.: Легпромбытиздат, 1994. – 456с.
5. Гольдин А.С. Вибрация роторных машин: - 2 изд. исправл. – М.: Машиностроение, 2000. – 344с.
6. Иванов В. А., Волынец И. Г., Чекардовская И.А. Эффективность и оптимизация организации производства при обслуживании вспомогательного оборудования на компрессорных станциях. // Известия вузов. Нефть и газ -Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. - № 1. С. 48-52.
7. Чекардовский С. М., Разбойников А. А., Чекардовский М. Н. Диагностика и устранение вибрации оборудования нефтегазовых объектов. Уч. пособие с грифом УМО вузов РФ по нефтегазовому образованию Тюмень: «ТюмГНГУ», 2014. – 108 с.

***S. Kasyanov, L. Safarova, D. Safarov (С.В. Касьянов,
Л.Р. Сафарова, Д.Т. Сафаров)***

**Branch of Kazan Federal University in Naberezhnye Chelny,
Naberezhnye Chelny**

PLANNING OF PROCESSES OF GENERATION AND RECYCLING OF WASTE BY PREPARATION OF PRODUCTION AUTOCOMPONENTS (ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОРОЖДЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА АВТОКОМПОНЕНТОВ)

Аннотация

В докладе представлен подход к снижению потерь за счет адекватного планирования при подготовке производства автокомпонента процессов порождения отходов на рабочих местах.

Ключевые слова: отходы, выбросы, загрязнения, планирование, управление отходами.

Согласно действующим российским стандартам технологическая подготовка производства нацелена исключительно на подготовку требований, необходимых для обеспечения заданного качества товарных изделий. Они излагаются в комплектах техдокументации. Внедрение на предприятиях-поставщиках автокомпонентов отраслевой СМК по требованиям ISO/TS16949 [1] вынудило дополнять эти комплекты документами и записями, необходимыми уже для регулирования значений показателей качества.

Однако, одного только повышения качества недостаточно для поддержания долгосрочной конкурентоспособности предприятий. Так, система экологического менеджмента [3] требует поддерживать допустимый уровень воздействия на окружающую среду. В настоящее время основным инструментом управления является выявление объемов уже произведенных выбросов и совершившихся фактов загрязнений с последующим управлением последствий.

Для минимизации затрат и снижения рисков получения претензий со стороны надзорных органов планирование периодичности и объемов порождения будущих отходов наиболее разумно начинать также на стадии технологического проектирования. Методики придется встроить в структуру проекта подготовки производства и выпуска нового автокомпонента [2].

Введем дополнительное понятие – попутные продукты: твердые, жидкие, газообразные результаты деятельности на рабочих местах при изготов-

лении товарной продукции, а также излучения. В качестве примера представлен комплекс таких продуктов на станочном рабочем месте (рис. 1).

На I этапе должны быть определены законодательные требования ко всем видам попутных продуктов процесса производства, проведен анализ возможностей предприятия выполнить эти требования и определена предварительная потребность в ресурсах (составлен предварительный план-график работ).

На III этапе проекта в ходе маршрутного проектирования необходимо оценить общую потребность в природоохранных и санитарно-гигиенических мероприятиях.

При разработке технологических операций целесообразно дополнить стандартизованный комплект техдокументации приложениями, в которых отражен весь комплекс необходимых действий. Для каждой операции целесообразно привести расчетные объемы порождения отходов сырья и материалов, а в некоторых случаях – продуктов износа инструментов. Запланировать объемы этих продуктов в цикле сменно-суточного задания. Эта информация становится исходной для последующей разработки процессов их жизненного цикла (технологий сбора, хранения, подготовки к реализации/утилизации, сдачи). Таким образом, этап технологической подготовки не изменяется. Он просто дополняется еще одной отдельной группой работ.

Во многих производственных операциях основную долю отходов составляют продукты, порождаемые в процессе работы оборудования (отработанные смазочные материалы) и периодически заменяемые технологические жидкости (смазочно-охлаждающие, моющие, закалочные и т.п.).

Исходные данные для планирования периодичности и объемов этих продуктов также должны быть сформированы в ходе технологического проектирования. Однако, их невозможно представить в формах собственно технологических документов. Дополнительно технологам придется разработать карты выполнения заданий на выпуск продукции на рабочих местах. В этих картах удобно представить и работы по обслуживанию оборудования в соответствии с регламентами изготовителя. Далее согласно графикам выпуска продукции на рабочих местах планы-графики этих работ могут быть запланированы на календарный год.

Технологии жизненного цикла этих отходов также целесообразно разработать в ходе технологической подготовки производства.

В серийном производстве исходя из регламента технического обслуживания оборудования формируются календарные графики и схемы сбора этих видов отходов. В зависимости от периодичности сбора опять-таки можно разрабатывать технологии их жизненного цикла (сбор, переработка, подготовка к утилизации и т.п.).

Сформирована структура необходимых баз данных для расчета и нормирования работ, а также подготовлены комплекты нормативных документов для разных групп технологий.

Разработан комплекс форм документов и записей для управления отдельными группами отходов. В результате появляется качественно новая стратегия управления отходами: вместо реагирования на уже выявленные факты превышения нормативных показателей и осуществляется своевременное планирование порождения отходов на каждом рабочем месте в конкретные моменты времени. Существенно повышается точность оценки объемов и сроков работ, минимизируется расход ресурсов. Это сулит резкое снижение рисков нарушения законодательных требований. Кроме того, в связи с внедрением систем менеджмента бережливого производства руководство предприятий получает эффективное средство предупреждения потерь, связанных с негативным воздействием на окружающую природную среду. Это позволяет успешно выполнить требования [4].

Разработанные предложения в полной мере встраиваются в методологию управления отдельным проектом подготовки производства и выпуска автокомпонентов силами межфункциональной команды специалистов [2]. Одному из ее участников должна быть поручена разработка технологий работы с попутными продуктами.

Результаты данной работы апробированы на предприятиях-поставщиках автокомпонентов в виде комплектов документации для рабочих мест формообразования деталей на металлорежущих станках и рабочих мест термообработки. Кроме того, путем математического моделирования подготовлены календарные планы-графики порождения отходов, рассчитаны затраты на их реализацию и подготовку к утилизации.

Очевидно, что широкое внедрение данных предложений неосуществимо без соответствующего программного обеспечения.

Следующий этап работы – подготовка технического задания на его разработку.

Литература

5. ГОСТ Р ИСО 16949-09 Системы менеджмента качества. Особые требования по применению ИСО 9001-2008 для организаций-производителей серийных и запасных частей для автомобильной промышленности / Москва, Издательство стандартов 63 с.

6. ГОСТ Р 51814.6-2005 Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов / Москва. ИПК Издательство стандартов 64 с.

7. ГОСТ Р 1400 -2015 Системы экологического менеджмента. / Москва, Издательство стандартов 73 с.

8. ГОСТ Р 5604-15 Бережливое производство. Требования к системам менеджмента. / Москва, Издательство стандартов 28 с.

S. Kasyanov, D. Safarov (С.В. Касьянов, Д.Т. Сафаров)

**Branch of Kazan Federal University in Naberezhnye Chelny,
Naberezhnye Chelny**

INFORMATIVE MEASUREMENT TO CONTROL THE QUALITY OF AUTODETAILS (ИНФОРМАТИВНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОДЕТАЛЕЙ)

Аннотация

Разработана теоретическая основа для максимально оперативного планирования результативных предупреждающих действий в операциях формообразования на металлорежущих станках.

Ключевые слова: информативность измерений, геометрические показатели, отклонение показателя точности, улучшение, корректирующие действия, управление качеством

Отечественные машиностроительные заводы многие десятилетия были обязаны обеспечивать заданное качество изделий, для чего преимущественно использовался альтернативный контроль. Чтобы выполнить план, было достаточно рассортировать выпускаемую продукцию на год-

ную и негодную. Для этого широко применялись калибры, а в случае использования при контроле средств измерения их можно было быстро выбрать по справочникам. Но информации о значениях показателей качества такой контроль не давал.

Внедрение СМК по требованиям ISO/TS 16949-09 означает обязательное регулирование значений наиболее важных (ключевых) показателей качества [3].

Во-первых, для этого потребовалось максимально объективно определить значения отклонения, так что приходится периодически подтверждать приемлемость измерительных процессов [4].

Во вторых, при выявлении значительного отклонения показателя от идеального значения его необходимо уменьшить. Чтобы сделать это с первого раза, вначале нужно заранее определить хотя бы наиболее значимые факторы (ключевые контрольные характеристики). Эта задача решена в [2]. Но чтобы сразу определить, на какие именно контрольные характеристики надо воздействовать и в какой степени, надо знать степень вклада каждой из них в измеренное мгновенное отклонение показателя от заданного идеального значения. Это невозможно без глубокого понимания сущности процессов производства.

Таким образом, для результативного управления методики измерения необходимо увязать с технологическими факторами производственных операций. Решение этой задачи предложено для исключительно развитой системы показателей точности деталей. Все функционально значимые показатели формируются в операциях обработки на металлорежущих станках. Технология формообразования включает множество разнообразных способов обработки с применением широкой номенклатуры оснастки. Поставленная задача решена в общем виде, и охватывает весь комплекс факторов приводящих к отклонениям.

Процесс собственно формообразования элемента детали на станке предстает как взаимодействие модулей 2-х полюсной технологической системы (рис. 1б). Один полюс – точка (линия) мгновенного контакта формообразующего элемента с участком обработанной поверхности заготовки, а второй (условный) – точка мгновенного положения базы движения резания, например, относительно оси вращения заготовки. Если оба полюса будут находиться строго в заданных расчетных точках технологической системы координат, результатом будет идеальная по точности простейшая составляющая элемента детали. Элемент в целом формируется по мере последова-

тельного приращения элементарных бесконечно малых участков взаимодействия заготовки с формообразующим элементом инструмента (рис. 1а). В этой совокупности приединенных друг к другу элементарных участков становится полностью прозрачным набор факторов, влияющих на шероховатость поверхности, волнистость, отклонения профиля и размера поверхности элемента детали.

Однако процесс формообразования, взятый сам по себе, еще не дает представления о полном комплексе показателей точности. Его нужно встроить в более общую операционную технологическую систему. Для этого применительно к данной технологии нужно распознать вклад показателей точности обрабатываемой заготовки, погрешность ее базирования в приспособлении, выделить воздействие погрешностей базовых элементов деталей станка и оснастки и погрешностей наладки. Только тогда появится возможность упорядочить составляющие отклонений относительного расположения поверхностей детали. В качестве примера на рис 2 показана схема упорядочения модулей технологической системы. Для решения этой задачи потребовалось вначале упорядочить весь набор процессов жизненного цикла модулей технологической системы, в которых могут возникать отдельные их составляющие.

Сколько бы факторов отклонений ни действовало, каждый из них по-своему проявится в отдельной координатной точке технологической системы. Изменения проводятся в координатах другой системы – измерительной. А готовая деталь будет работать в третьей – системе координат изделия. Следовательно, чтобы объективно определить реальную значимость отклонений в процессе изготовления для потребителей, нужна регистрация положения измеряемого объекта в каждой системе координат. Таким образом, внедрение СМК по требованиям ISO/TS 16949-09 означает необходимость обязательного регистрирования положения детали/заготовки в этих системах. Для этого должна быть также задана система координат самой заготовки.

Структура технологических составляющих отклонения показателя точности определяется из структуры операции, состава технологической системы при условии регистрации положения заготовки в технологической системе координат. Предложена методика моделирования иерархической структуры процессов выполнения единичной операции, и отдельного производственного задания, а на этой основе - иерархическая структура технологических составляющих для всех заданных показателей

Рис. 1 Моделирование отклонений на примере выполнения пере-
хода растачивания отверстия.

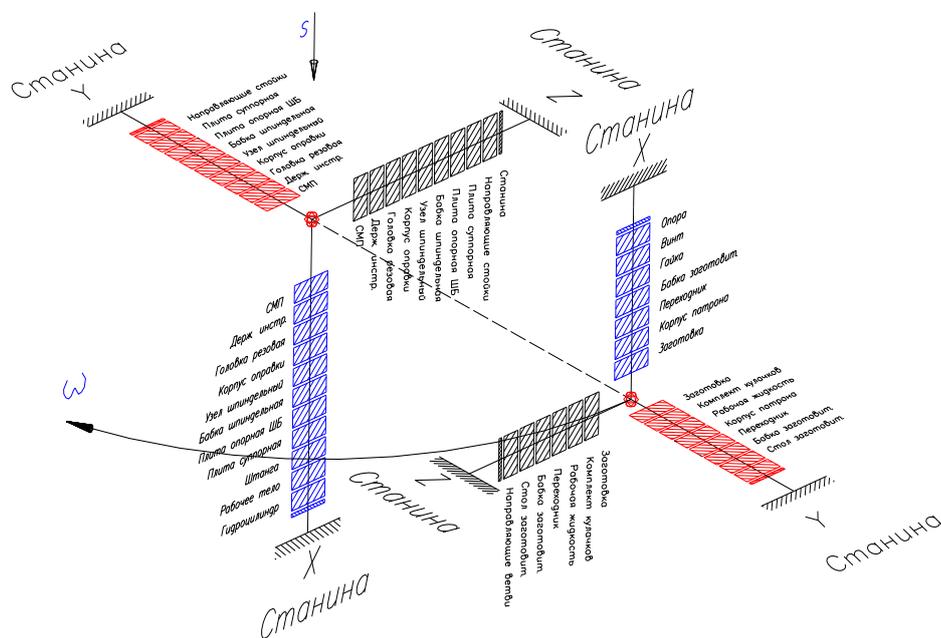


Рис. 2 Комплекс модулей технологической системы расточной
операции, влияющих на отклонения показателей точности деталей по
осям X, Y, Z (S -вектор подачи, ω -угловая скорость).

A. Kondrashov, A. Miftakhov (А.Г. Кондрашов, А.Ф. Мифтахов)

**Branch of Kazan Federal University in Naberezhnye Chelny,
Naberezhnye Chelny**

METROLOGICAL MAINTENANCE OF THE MODERN RUSSIAN MANUFACTURER OF AUTOCOMPONENTS (МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ АВТОКОМПОНЕНТОВ)

Аннотация

Разработана процедура управления, обеспечивающая предупреждение значимых потенциальных проблем в части метрологического обеспечения или подготовке производства нового силами межфункциональной APQP-команды.

Многие десятилетия метрологические службы предприятий были нацелены прежде всего на решение задач контроля качества, организацию поверки и калибровки средств измерения. Все подразделения этих служб действовали в рамках типовой организационной структуры. Задачей заводских лабораторий было только предоставление специалистам данных о действительной величине измеряемых показателей. В анализе результатов, выявлении причин отклонений они не были обязаны участвовать.

Вступление России в ВТО не просто заставляет руководство предприятий применять международные инструменты управления качеством [2]. Требования к качеству изделий постоянно растут, а значит надо осваивать и более точные средства измерений. Необходимо также повышать стабильность производственных операций. Вместо альтернативного контроля приходится организовывать статистическое управление процессами, а это означает значительное ужесточение требований к процессам измерений. Так, вместо табличного выбора типовых средств измерения специалистам приходится периодически оценивать приемлемость измерительных процессов путем дополнительного исследования их стабильности, оценки смещения, сходимости и воспроизводимости. Значительно увеличивается и объем работ по подготовке методик измерения [1].

В то же время сами российские предприятия за последнее время существенно изменились. Например, основным производителем автокомпонентов теперь стали компактные узкоспециализированные фирмы, ориентированные прежде всего на процесс производства. Они не в состоянии содержать полноценные инженерные службы. Малые объемы работ по метрологическому обеспечению вынуждают передавать большую их часть на аутсорсинг. Им становится трудно получить даже подготовленного

контролера, и практически невозможно найти компетентного метролога, поскольку подготовка их в России почти прекратилась. Практически отсутствует в России и производство средств измерения. А неизбежные дорогостоящие закупки по импорту требуют особо тщательного анализа. Ведь не факт, что закупленные через посредников приборы и оборудование окажутся приемлемыми. Поэтому прежний подход к метрологическому обеспечению производства не годится.

Каким образом в этих условиях можно обеспечить нужный уровень качества (МО)? Будем исходить из того, что главным результатом отдельно взятого проекта подготовки производства и выпуска нового изделия должен быть достаточный объем прибыли. Чтобы его не потерять, важно заранее систематизировать набор потенциальных потерь. В сфере метрологии к значимым потерям, например, сегодня может привести:

- несогласованность методов контроля с заказчиком;
- применение средств измерений (СИ) с истекшим сроком аттестата поверки;
- применение для управления ключевым показателем качества СИ, не прошедшего процедуру оценки приемлемости;
- неадекватная процедура оценки приемлемости измерительного процесса;
- отсутствие утвержденных методик измерения.

Предложена следующая формулировка задачи: предупредить все значимые потенциальные потери в части метрологического обеспечения на этапах подготовки производства. Жизненный цикл проекта в [2] разделен на 5 этапов:

- планирование, разработка концепции и плана обеспечения качества продукции;
- проектирование и разработка автокомпонента;
- проектирование и разработка процессов;
- окончательная подготовка производства автокомпонентов;
- производство, поставка и действия по улучшению.

Ключ к ее решению находится в отработке содержания всех процедур подготовки производства. Требования [2] содержат лишь общую формулировку основных видов работ по подготовке производства в общем виде. Важно, чтобы специалисты предприятия могли проработать их применительно к конкретному проекту. Прежде всего, это касается организа-

ции работы межфункциональной команды специалистов: любое техническое или организационное решение должно по возможности анализироваться сразу со всех точек зрения. Необходимо чтобы в составе команды был хотя бы один специалист, подготовленный для решения задач метрологического обеспечения (он может быть приглашен со стороны).

Предлагаемая методика подготовки метрологического обеспечения основана на вплетении его элементов (процедур) на каждом этапе APQP-процесса в общий процесс подготовки производства. На первом этапе проекта эксперт-метролог должен будет проанализировать полноту требований к качеству нового продукта, возможности использования имеющегося МО и подготовить предварительный план работ.

Основные задачи специалиста по метрологическому сопровождению работы команды на II-III этапах представлены на рис. 1.

На II-III этапах специалист проводит метрологическую оценку технических решений остальных членов команды, а при необходимости разрабатывает мероприятия по МО. В частности, важно разработать адекватный план управления опытным образцом (оценка качества его комплектующих, программа испытаний и т.д.). Очевидно также, что ему целесообразно поручить подготовку закупок средств измерений и проработку функций по МО производства. В задачи команды APQP будет входить разработка ряда приложений к технологической документации, без которых невозможно выполнить требования [2]. В части МО – это методики измерения ключевых показателей качества и контрольные листки статистического управления качеством.

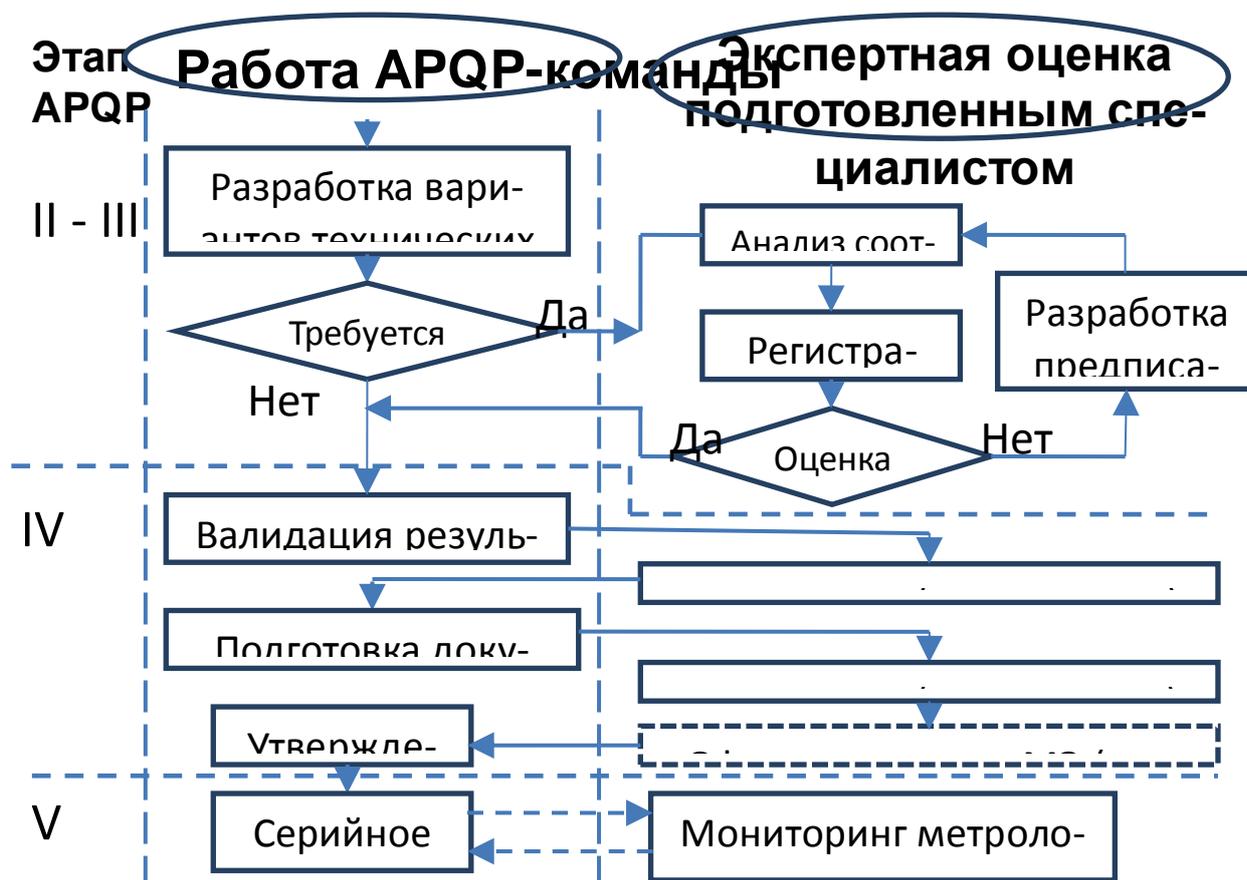


Рис. 1. Схема участия специалиста в работе межфункциональной APQR-команды

В нынешних условиях работы предприятий на IV этапе важнейшей процедурой МО является приемка средств измерений. Далее специалисту придется разрабатывать регламенты техобслуживания, поверки, калибровки средств измерений, а также процедуры MSA [3]. Очевидно, он будет и одним из основных разработчиков плана управления установочной партией. А в ходе реализации этого плана на него ляжет ответственность за верификацию измерительных процессов.

В случае необходимости обязанностью специалиста станет также организация метрологической экспертизы технической документации и оформление официального отчета. А в тех случаях, когда потребуются провести процедуру одобрения производства потребителем, именно ему придется обеспечить представление объективных данных по качеству.

По сути дела изложенный подход позволяет своевременно, на этапах разработки продукции и процессов запланировать и осуществить весь комплекс мероприятий исключающий значимые потенциальные потери.

Имея такой фундамент, предприятию значительно проще становится наладить в серийном производстве и контроль качества, и мониторинг процессов, и регулирование значений ключевых показателей качества.

Итак, внедрение стандартизованных международных инструментов управления качеством невозможно без наличия на предприятии компетентных специалистов. Очевидно, что у каждой корпорации будут свои системы управления качеством, и свой набор требований к специалистам МО. Видимо, в российских условиях самым лучшим вариантом является профессиональная переподготовка работающих технологов и конструкторов. При этом она не должна быть излишне теоретической. Ее желательно проводить в виде краткосрочных модулей обучения и консультаций по ходу участия обучаемых в реальном проекте подготовки производства [2]. Наряду с узкоспециализированными компетенциями у обучаемых важно развивать умения работать в команде, самостоятельно получать необходимую нормативную документацию, вести постоянный анализ получаемой информации.

Литература

1. Касьянов С.В., Биктимирова Г.Ф. Технологическая документация как основа конкурентоспособности производителя автокомпонентов на мировом рынке / Автомобильная промышленность - 2013, № 6, С. 30-33.
2. ГОСТ Р ИСО/ТУ 16949:09 Системы менеджмента качества. Особые требования по применению ИСО 9001:2008 в автомобильной промышленности и организациях, производящих соответствующие запасные части
3. ГОСТ Р 51814.5-05 Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов

*A. Kondrashov, D. Safarov, R. Murtazin (А.Г. Кондрашов, Д.Т. Сафаров,
Р.М. Муртазин)*

**Branch of Kazan Federal University in Naberezhnye Chelny,
Naberezhnye Cheln**

**CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF THE ENTERPRISES
SUPPLIERS OF AUTOMOBILE COMPONENTS (УСЛОВИЯ
РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ-ПОСТАВЩИКОВ
АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ)**

Аннотация

Проанализированы условия функционирования российских производителей автомобильных компонентов. Выполнен анализ сложностей их развития и сформулированы предложения.

Во всех развитых странах автомобилестроение – приоритетная отрасль промышленности, поскольку создает значительное количество рабочих мест. Для нее характерна выраженная корпоративная структура. Чтобы выпустить готовое изделие, на головной завод должны поступить тысячи автокомпонентов, изготавливаемых из разных материалов на сотнях предприятий-поставщиков (рис. 1). Как и головной завод, все эти предприятия получают свой доход от продаж готовых изделий. Поэтому ни крупный, ни мелкий поставщик не вправе допускать сбои в технологических цепочках, чтобы все участники корпорации получили нужные им результаты. В связи с вступлением России в ВТО они обязаны перейти на управление процессами выпуска автокомпонентов по требованиям ISO/TS 16949-09.

Одной из важнейших задач является повышение конкурентоспособности поставщиков и создание условий для их развития. Для этого они должны иметь достаточный объем доходов, а также исключить потенциально значимые для поставщика потери при выпуске очередной версии автокомпонента.

Однако, российские корпорации-производители автомобилей не разрабатывают стратегий по техническому развитию поставщиков и не планируют оказания им финансовой поддержки новых проектов. Даже внутрикорпоративный обмен опытом мало где организован. Более того, корпорации вынуждают поставщиков дополнительно тратиться, например, на

сертификацию систем менеджмента, никак не оценивая при этом их результативность. Малые предприятия работают, как правило, на единственного заказчика, находящегося в своем регионе. Они производят относительно несложные компоненты по его документации и не имеют достаточных доходов, чтобы самостоятельно осуществлять полный цикл APQP-процесса. Подготовка производства у них подчинена задаче скорейшего начала поставок в надежде решить проблемы качества уже в процессе выпуска продукции. Однако, в большинстве случаев серьезные проблемы с обеспечением качества периодически возникают. До сих пор заметно также непонимание руководителями приоритета качественной подготовки производства новой продукции [1].

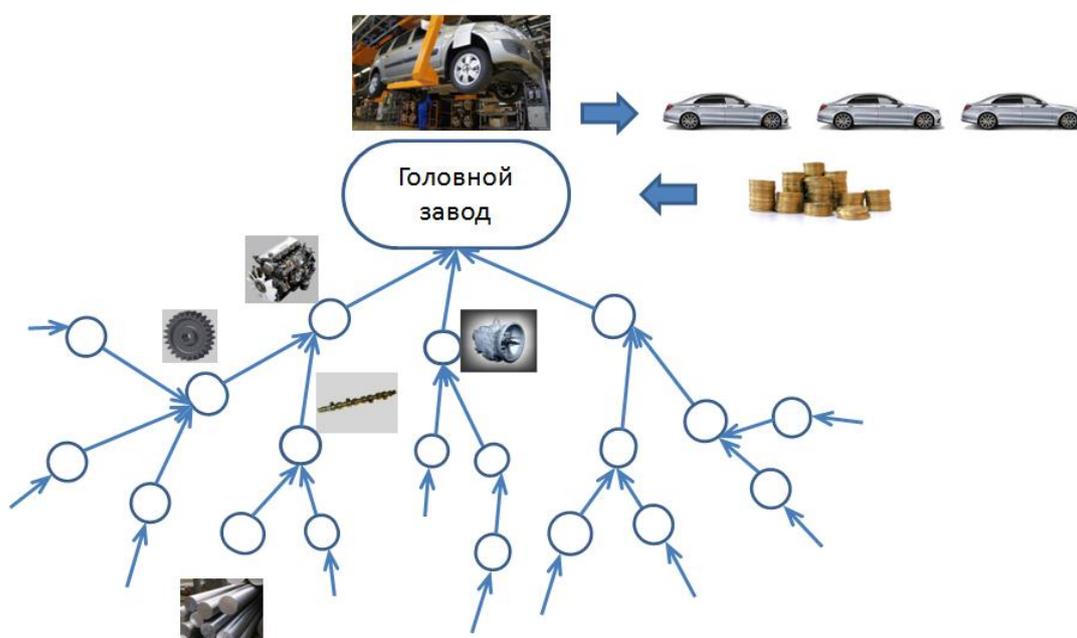


Рис. 1. Схема обеспечения компонентами головного завода

Системы управления производством со времен административной экономики остались тейлоровскими. Они по-прежнему обеспечивают только своевременную сдачу продукции установленного качества. Требования ISO/TS 16949:2009 не могут быть поняты нынешними менеджерами в должной степени, поскольку их образование и предыдущий опыт не был направлен на достижение наивысших результатов. Кроме того, руководители предприятий вынуждены мириться с засильем зарубежных поставщиков чрезмерно дорогостоящего оборудования, инструмента, средств измерений.

Каждому специалисту в действующем производстве ввиду перегруженности приходится решать множество задач, которым его не обучали по российским образовательным стандартам [2]. Так, в России отсутствует культура управления процессами на основе мониторинга, весьма слабыми являются метрологическая подготовка, экономические знания, навыки командной работы. Применяемые сегодня отечественные САПР ТП никак не помогают решить сегодняшние задачи управления. Да и система оплаты труда зачастую не увязана с результатами работы.

Размещение мелких поставщиков в специально созданных индустриальных парках пока еще редкость. К тому же это помогает им решить только хозяйственные вопросы. Неудивительно, что руководство предприятий-поставщиков опасается планировать долгосрочное развитие.

Очевидно, что сегодня для достижения конкурентоспособности на мировом рынке в стране в целом, и в каждом регионе надо создавать такую среду для развития поставщиков автокомпонентов, которая бы обеспечивала полный комплекс их запросов.

К сожалению, этот комплекс должным образом еще не проанализирован, несмотря на утверждаемые время от времени правительством долгосрочные программы развития.

Одним из характерных примеров концентрации малых предприятий – поставщиков автокомпонентов является г. Набережные Челны. В городе и его окрестностях их более 100. Небольшая их часть сосредоточена в Камском индустриальном парке «Мастер».

На основании анализа их проблем в части подготовки производства и управления качеством продукции в Набережночелнинском политехническом институте создан инженерный центр подготовки производства автокомпонентов. Он работает по договорам с заказчиками, выполняя следующие услуги по этапам подготовки производства согласно ISO/TS 16949:2009 (рис. 2):

- разработка технологий, включая подготовку и отладку управляющих программ;
- организация испытаний автокомпонентов в собственных и сторонних лабораториях;
- диагностирование оборудования;
- обучение специалистов и руководителей, а также консультирование по вопросам управления качеством, внедрение ISO/TS 16949:2009 [3];

- систематизация причин несоответствий продукции, разработка адекватных планов управления.

Важным элементом его деятельности является также сбор и анализ результатов деятельности предприятий.

К выполнению работ привлекаются преподаватели вуза, студенты, а также наиболее квалифицированные специалисты, имеющиеся в регионе.

Оказание услуг по подготовке производства, безусловно, помогает поставщикам решить ряд актуальных технических вопросов. Но для решения всех значимых проблем, препятствующих их развитию, требуется также скорейшее включение и государства, и региональных властей, и корпораций в создание условий для развития поставщиков автокомпонентов. К первоочередным мероприятиям наряду с действиями по укреплению экономической базы предлагается ввести:

- модернизацию стандартов высшего технического образования;
- разработку методического обеспечения и организацию подготовки резервов директоров и главных специалистов на основе современных систем менеджмента;
- разработку адекватных корпоративных стратегий развития сети поставщиков.

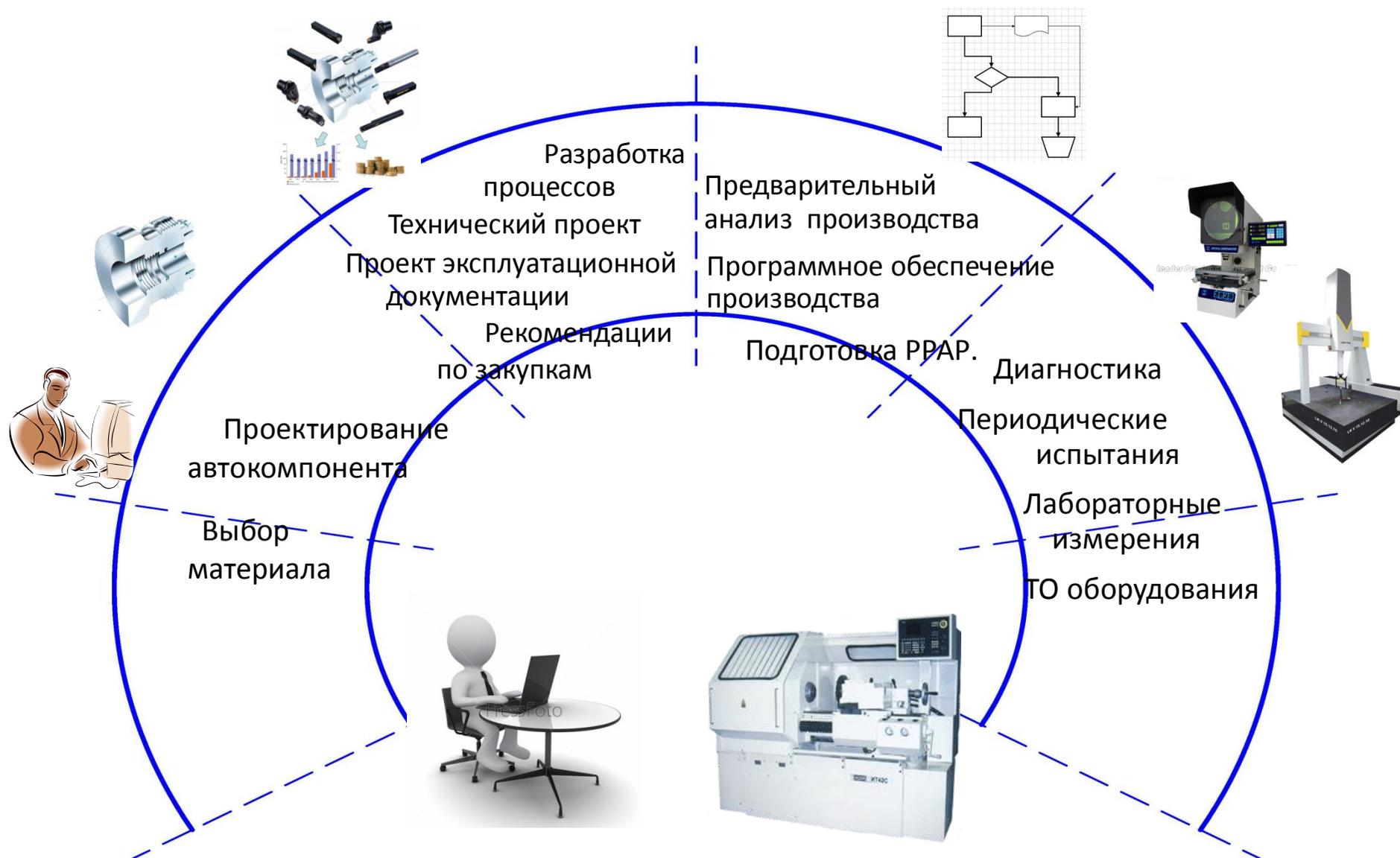


Рис. 2. Схема информационной поддержки поставщиков автокомпонентов в цикле APQP

Литература

1. Касьянов С.В., Закиров Ф.Т., Халилов Н.Р. Анализ условий формирования производства автокомпонентов в России / Автомобильная промышленность. 2007, №10, С. 1-5.
2. Шибиков В.Г., Касьянов С.В., Халилов Н.Р. Современный университет для перспективного экономического района / Высшее образование сегодня, 2008, №12, С. 14-20.
3. Kasjanov S.V., Kalyashina A.V. The Entry of the Russian Industry in the global market as a source of experience for managers and specialists from other countries // Innovations of Sustainable Production for Green Mobility. 3-d International Chemnitz Manufacturing Colloquium ICMC 2014 – Fraunhofer Institute for Machine Tools and Forming Technology IWU, 2014, Part 1, pp. 733-741.

T. Nechay (Т.А. Нечай)

Lugansk Taras Shevchenko National University, Lugansk, Ukraine

**IMPROVEMENT OF OPERATIONAL PLANNING OF SHUNTING
WORK ON THE WAYS OF UNCOMMON USE (УЛУЧШЕНИЕ
ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЫ НА
ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ)**

Аннотация

Рассмотрены проблемы, возникающие при планировании маневровой работы на промышленном железнодорожном транспорте, а также предложены способы их решения. Выявлена и обоснована необходимость разработки автоматизированного программного комплекса, который позволит объективно оценить оперативную обстановку и выбрать наиболее подходящий вариант ведения маневровой работы.

Описаны основные задачи и методы оптимизации, которые применяются в разрабатываемом программном продукте, а также обоснована их важность и необходимость. Объединение существующих методов улучшения маневровой работы с новыми предложениями в одном программном комплексе позволит получить удобный инструмент для помощи дис-

петчеру в оперативном планировании, а также выявлении узких мест, улучшит качество работы.

Оперативное планирование производства маневровой работы на подъездных путях является сложной многофакторной задачей. До последнего времени с научной точки зрения она рассматривалась как труднодостижимая цель, а затраты на ее решение были несопоставимы с предполагаемой прибылью от этого. Стремительное развитие информационных систем и технологий в последние 10 лет достигло того уровня, который может позволить решать эту сложную проблему с учетом ключевых и дополнительных факторов и с меньшими затратами, по сравнению с предыдущими исследованиями. Именно создание программных комплексов, моделирующих процессы на транспорте, коренным образом способны улучшить планирование работ, сократить расходы и помочь промышленному железнодорожному транспорту выйти на новый уровень развития [1].

Анализ зарубежных [2,3] и отечественных работ [4,5,6,7] подтверждает необходимость разработки автоматизированного программного комплекса, который позволит качественно планировать ведение маневровой работы вместе с технологическим процессом.

В ходе анализа ключевых факторов, влияющих на эффективность маневровой работы, были выделены следующие **задачи** оптимизации:

- должны быть учтены радиусы и уклоны путей, на которых производятся маневры, а также существующие ограничения скорости, действующие для них. Это возможно путем применения тяговых расчетов.

- на подъездных путях с густой разветвленной сетью существует несколько вариантов следования маневрового состава из одной точки в другую. Предлагается внести возможность поиска лучшего маршрута, критериями которого выступает минимальное число стрелочных переводов на пути следования и минимальное затраченное время при этом.

- учет интенсивности выполнения маневровой работы, т.е. режимов движения при маневрах. Известно, что наиболее экономичными режимами ведения работы является ведение ее на 4-5 позиции контроллера, при этом расход топлива минимальный. Чтобы учесть этот фактор, нужно ввести понятие резерва времени и производить поиск решение с его учетом. Таким образом, при имеющихся резервах времени можно выполнять ра-

боту дольше, при этом укладываясь в имеющийся резерв, и получать экономию топлива.

- учет типа маневрового полурейса, так как это тоже является одним из отличий работы на подъездных путях. В основном работа выполняется с использованием режима РТ (разгон - торможение), РУТ (разгон – движение с установившейся скоростью – торможение), так как полурейсы короткие. Учет типов полурейсов позволит получить сведения относительно использования других режимов, и в дальнейшем применить эти решения на практике.

Чтобы найти время маневровой работы, нужно смоделировать ситуацию, включить сюда все данные о составе, о характеристике путей, на которых будет производиться работа, плане маневров в этом случае[8].

Основными модулями работы программного комплекса являются следующие: графический редактор, построитель графа подъездных путей и модуль автоматизированных тяговых расчетов (рис.1.1).

Основная идея метода улучшения планирования маневровой работы на путях необщего пользования заключается в объединении имеющихся решений многих задач в одном программном комплексе, позволяющего автоматизировать планирование работы путем ее моделирования. Для осуществления этой задачи были выделены основные ключевые моменты, реализация которых позволила перейти к поставленной цели.

Во-первых, был разработан построитель схемы станции, который позволил учесть профили путей и радиусы кривых участков. Это позволило также комплексу стать универсальным. После внесения параметров путей специальный алгоритм преобразует путевое развитие в граф. По данному графу было предложено проводить оптимизацию путем поиска безостановочных маршрутов движения и выбора минимального маршрута по времени движения.

Во-вторых, для автоматизации планирования в качестве эталона получения времени маневровой работы был выбран способ построения в виде технологической карты, где время полурейсов находится методом тяговых расчетов, а также учитывается время на дополнительные операции между полурейсами, с учетом вида выполняемой маневровой работы[9].

В-третьих, тяговые расчеты были автоматизированы в виде специального модуля, который также был увязан с проверкой возможности движения по маршрутам, определяемым по графу подъездных путей.

В-четвертых, был учтен тот факт, что на маневровый полурейс оказывает значительное влияние выбор режима работы. В случае наличия резерва времени выполняется тяговый расчет, преследующий цель минимизировать затраты топлива при маневровых полурейсах. В случае отсутствия резервов выполняется поиск по минимально затраченному времени на полурейс и выполнение маневровой работы на максимальной позиции контроллера.

В-пятых, представленный программный комплекс позволяет заранее определить время маневровой работы, а также скорректировать его в ходе выполнения при возникновении каких-либо факторов, препятствующих исполнить план в точности с рассчитанным вариантом.

Описанный метод должен в значительной мере улучшить качество планирования маневровой работы и выявить «узкие» места в данном процессе.

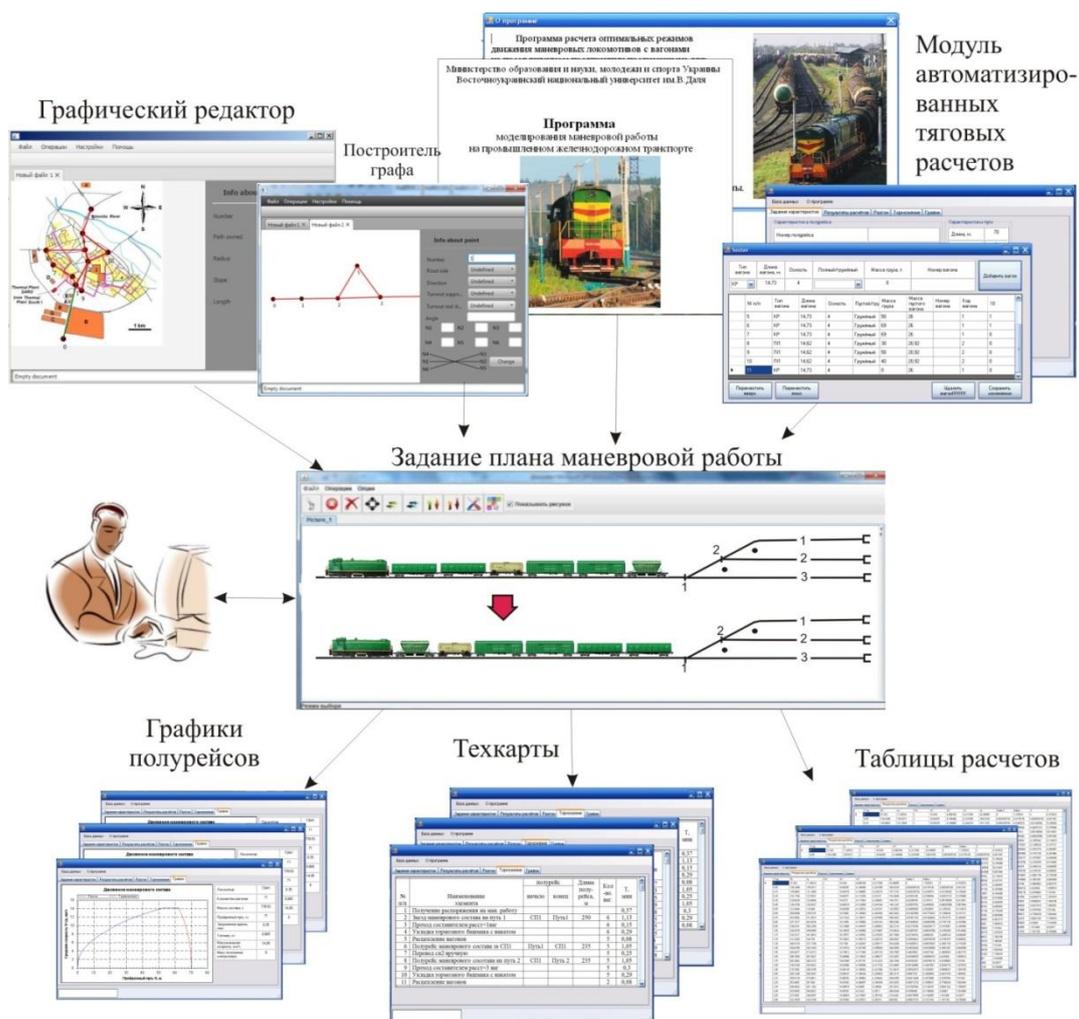


Рис. 1.1. Схема работы программного комплекса

Литература

1. Wout van Wezel. Task oriented support for train shunting planning. People and Rail Systems: Human Factors at the Heart of the Railway. Aldershot : Ashgate, 2007. <http://www.bdk.rug.nl/organisatie/clusters/PSD/pdf/RailHumanFactors2005VanWezel.pdf>
2. Lentink, R.M., Fioole, P.J., Kroon, L.G. & Woudt, C. van 't (2006). Applying Operations Research Techniques to Planning of Train Shunting. In W.M.C. van Wezel & R.J.J.M. Jorna (Eds.), *Planning in Intelligent Systems* (Wiley Interscience) (pp. 415-436). Hoboken: Wiley.
3. Анисимов, В.В. Проектирование информационных систем. Часть 1. Структурный подход: конспект лекций / В.В. Анисимов. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2005. – С.37-38
4. Шмулевич М.И. Особенности нормирования маневровой работы в имитационной модели станции/ М.И. Шмулевич, А.Е. Стариков. – МИР ТРАНСПОРТА, 2015. – Т.13, № 5, –С. 198–212.
5. Рахмангулов, А. Н. Особенности построения имитационной модели технологии работы железнодорожной станции в системе AnyLogic / А. Н. Рахмангулов, П. Н. Мишуров // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании' 2012 : Материалы междунар. науч. - практ. конф. (18 - 27 декабря 2012). – 2012. – Т. 2, № 4. – С. 7-13
6. Овчинников, В.М. Сокращение расхода дизельного топлива на маневрах/ В.М. Овчинников, С.А. Пожидаев, Н.Г. Швец, В.В. Скрежендевский//Сборник научных трудов «Транспортные системы и технологии перевозок». –Д.: ДНУЗТ, 2011. –с. 62-70.
7. Роганов В.Р. Особенности оптико-аппартно-программных комплексов моделирования 3Дизображения: Сборник статей международной конференции «Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажёров». – 2015. –Т. 2. С. 83 -91.
8. Нечай, Т.А. Структура и функции информационной системы моделирования маневровой работы на путях необщего пользования // Вестник РГУПС. – 2015. – № 4 . – С.53-60.
9. Нечай Т.А. Описание системы построения технологической карты маневровой работы / Т.А Нечай, А.А. Ключев, Ю.А.Шкандыбин // Сборник научных статей по материалам Международной научно-технической конференции (01 февраля 2016 г.). - Новочеркасск, 2016 г. - С. 109-114.

E.V. Pavlov, L.M. Chervyakov

Southwest State University, Kursk

A STUDY OF COMPOSITE CUTTING TOOLS WEARING OFF DURING TURNING OPERATIONS

Abstract

The final shape and size of a part, as well as the desired quality of its surface are mostly formed by edge cutting tools in the process final and finishing turning (boring) operations. Cutting tool efficient lifetime and performance can be improved, if the potential of edge cutting tools made from super-hard borazon materials (composites) is used to it full.

Experimental studies of how the tools made from 01, 03 or 10 composite grades wear off during their efficient lifetime in the process of finishing turning (boring) operations on workpieces with intermittent areas demonstrate that the most extensive wear takes place in the first-use cutting due to the tool run-in, yet it can be compensated by temperature lengthening of the cutter.

Cutting at a speed less than 1.0 m/sec results in maximal build-up, which tells that cutting tool wear has adhesive character.

At high cutting speeds more than 1.5 m/sec the processed material in the contact zone is transported mostly to the tool front face and less to its flank, which results in reduced abrasive and adhesive wear of the tool material.

Keywords: cutting tools, composite materials, turning process, wear, durability, tool efficient lifetime, workpiece intermittent areas.

*S. Shchegoleva, P. Titov, L. Lycheva (С.А. Щеголева,
П.Л. Титов, Л.С. Лычева)*

FEFU, Vladivostok

METHODS OF ASSESSING THE QUALITY OF THE PRODUCT IN THE TREE- GRAPH MODEL OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS (МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКТА В ДРЕВЕЩО- ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА)

Аннотация

Предложена древесно-графовая модель технологических процессов, методологически близкая к концепции Исикава-Парето. Наиболее удобна интерпретация такой модели в терминах нейросетей. Сформулировано основное уравнение для расчета вероятности выхода качественного продукта через пропагатор, в форме хронологического произведения. Парциальный пропагатор является экспонентой от энтропии факторов. Построен древесный граф для производства колбасной продукции. Рассчитаны вероятности выходов субпродуктов, а также финальная вероятность качественной продукции. Исследована зависимость от числа и распределения сбояностей факторов, а также от длины технологического графа.

В данной работе предлагается некоторая модификация метода Исикава-Парето [1, 2]. Она основана на представлении технологического процесса в виде соответствующего древесного графа, который относится к общим графам типа Бете [3]. Наиболее адекватную интерпретацию к такому подходу разумно дать в терминах нейросетевых конструкций [4]. Представление технологического процесса в виде сложного древесного графа предполагает реализацию соответствующих процедур декомпозиции графа. Декомпозиционные методы [5, 6] в анализе сложных систем, в частности, технологических процессов, составляют сущность системного анализа. Среди них наибольшую ценность представляют симплициальные методы декомпозиции на модули, в топологическом плане идентичные суперграфу. Древесные графы, предлагаемые в настоящей статье, автоматически удовлетворяют принципу симплициальности [5]. Каждый модуль является элементарной древесной подструктурой, хорошо известной в нейросетях [4]. На древесный суперграф технологического процесса накладываются соответствующие теоретико-вероятностные характеристики [7].

Любой технологический процесс можно представить как сложную систему, а, следовательно, провести системный анализ [6]. Он состоит в декомпозиционной процедуре, которая должна удовлетворять ряду основополагающих принципов [3, 5].

1. Технологический процесс представляет собой связанную цепочку отдельных этапов, T_i - модулей. Цепной тип зависимости хорошо известен в виде Марковских процессов [8].

2. Технологическая цепочка упорядочена и представляет строгую последовательность T_i - этапов.

3. Технологический процесс в целом направлен от начальных субпродуктов, факторов, технических условий к конечному продукту, желательного, высокого качества.

4. Каждый технологический модуль представляет собой некоторую сравнительно независимую подсистему. Формально это можно записать: $\hat{L}(T_i)$ – технологический оператор соответствующего этапа.

5. Технологический модуль процесса T_i в общем случае характеризуется многими входами, но имеет единственный выход. Модуль задается L_i оператором, а π_{i-1} , π_i – входные, выходные субпродукты. $\{\varphi_i\}$ – множество факторов, действующих на L_i оператор. Уравнение движения для T_i - технологического модуля: $\pi_i = \hat{L}_i(\pi_{i-1} | \{\varphi_i\})$.

является типичным операторным, но условного типа.

6. Объявим некоторый принцип скейлинга [9]. В данном случае, при древесно-графовом представлении техпроцесса, можно объявить топологический скейлинг. Это означает, что общая цепочка технологий в целом может быть представлена суперграфом.

Древесно-графовое представление технологий находит естественную интерпретацию в терминах нейросистем [4]. В частности, L_i оператор является оператором действия нейрона. Входы $\{\varphi_i\}$ удобно назвать дендритными входами, а главные входы-выходы субпродуктов – аксонами. Оператор L_i технологической модели – это, фактически, набор инструкций или алгоритм данного технологического этапа.

Дальнейшее рассмотрение древесно-графового представления технологического процесса возможно при наделении вероятностными мерами дендритных входов и аксоновых входов-выходов.

В таком случае, P_{i-1} – вероятность качественного продукта, вышедшего с $(i-1)$ -го модуля и поступившего на i -й модуль. P_i – выходная вероятность качественного продукта после обработки в i -м модуле. $\{q_i^i\}$ – множество вероятностей брака, характеризующее дендритные ветви i -го модуля по $\{\varphi_i\}$ факторам. Для модуля в терминах вероятностных характеристик можно написать операторное уравнение:

$$P_i = \hat{L}_i \{P_{i-1} | \{q_i^i\}\}. \quad (1)$$

На рис. 1 приведен оснащенный технологический суперграф. Теперь ветвям приписаны вероятностные меры. Кроме того, в аксоновых ветвях введен пороговый элемент u [4].

Пороговые элементы задаются хевисайдовскими функциями при соответствующих величинах критических пороговых вероятностей. С эво-

люционной точки зрения это своеобразное правило отбора, которому должно подчиняться уравнение движения (1) [10].

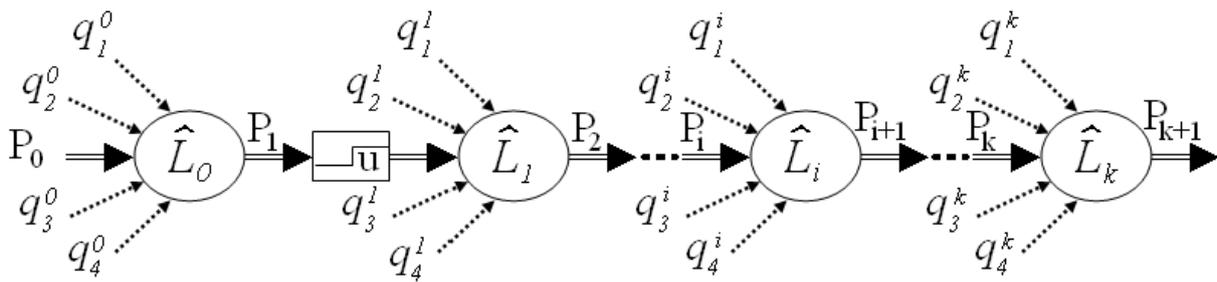


Рис.1. Технологический суперграф с нанесенными вероятностными мерами q, P

Для понимания древесно-графового представления технологического процесса формализм хронологических произведений [3, 4] весьма существенен. Он базируется на упорядоченности и линейной направленности всего технологического процесса (рис.1).

Вероятностная логика функционирования i -го модуля позволит записать соответствующее выражение для P_i вероятности, если известны P_{i-1} и $\{q^i\}$. Потребуем, чтобы на выходном аксоне вероятность P_i была определена через мультипликативные теоремы относительно входных вероятностей [7, 8]. Соблюдение качества на выходе будет возможно, если все входы: и дендритные, и аксон – будут с некоторой долей вероятности безошибочны. Причем все эти входные воздействия должны обладать вышеуказанным уровнем качества одновременно. Такой подход приводит мультипликативной логике [7, 8]:

$$P_i = P_{i-1} \prod_{l=1}^m (1 - q_l^i); \quad P_i / P_{i-1} = \prod_{l=1}^m (1 - q_l^i). \quad (2)$$

Переход от мультипликации к аддитивности обеспечивается логарифмированием:

$$\ln(P_{i-1} / P_i) = - \sum_{l=1}^m \ln(1 - q_l^i) = H_m(1 - q_l^i) \geq 0. \quad (3)$$

Правая часть (3) является некоторой энтропией [13] от m независимых совместных событий, реализуемых с вероятностью правильной передачи $(1 - q_l^i)$ по связям ϕ [7, 8]. Эта энтропия правильного действия факторов не является энтропией от распределения.

Уравнение (3) можно преобразовать к виду, удобному для расчета вероятности итераций:

$$P_i = P_{i-1} \exp(-H_m(1 - q_l^i)). \quad (4)$$

Выражение (4) является исходным при расчете любых конкретных моделей технологического процесса. Из (8) следует достаточно конструктивный вывод: вследствие убывающей экспоненты, $P_{i-1} \geq P_i$ для любого $i \leq m$. Это означает, что вероятность выхода по аксону промежуточного продукта не больше такой же вероятности, но входного продукта.

Применяя обычную рекурсию, можно дойти до вероятности конечного продукта, если пройден контроль на каждом этапе за качеством субпродукта. Из (4) также видно, что параметрами в оценке P_i , если задано P_{i-1} , будут выступать не только набор q_i^i , но и мощность ансамбля ф-факторов m .

Уравнение движения (4) для вероятности с учетом (1) можно записать:

$$P_i = \hat{L}[H_m(1-q_i^i)]P_{i-1}; \quad \hat{L}_m(\{q_l^i\}) = \exp(-H_m(1-q_l^i)). \quad (5)$$

где L – пропагатор [11]; l – индекс факторов, действующих на уровнях технологической цепочки; $i = 0, 1, 2, \dots, m$ – итеративный индекс; m – длина технологической цепочки.

Рассмотрим численные эксперименты, параметризованные выбором конкретных значений q и m . Например, потребуем, что число ф-факторов $m=3, 5, 7, 10$. Далее, пусть все факторы по своим ошибкам имеют одинаковые значения: $\bar{q}_i=0,05; 0,1; 0,2; 0,3$, что соответствует 95, 90, 80, 70% безошибочности. В табл.1. приведена энтропийная матрица.

Таблица 1

Матрица энтропии в зависимости от \bar{q}_i и m

$\frac{m}{\bar{q}_i}$	0,05	0,1	0,2	0,3
3	0,0302	0,3161	0,6694	1,0700
5	0,0503	0,5268	1,1157	1,7834
7	0,0704	0,7375	1,5620	2,4967
10	0,1005	1,0536	2,2314	3,5667

Для класса экспериментов, в которых все дендритные факторы имеют одинаковую вероятность ошибок, энтропия (3) выразилась просто как: $H_m(1-q_i^i) = m \ln(1-\bar{q}_i)$.

Предложенная методика дает возможность по определенной теоретико-вероятностной топологии древесного графа технологического про-

цесса получить оценку качества выходного продукта по заданной чистоте сырья. Предлагаемая методика позволяет выявлять и корректировать узкие места в технологических процессах. Это особенно важно в таких технологиях, которые обладают характерной квазилинейной последовательной архитектурой.

Литература

1. Статистические методы повышения качества. / Под ред. Хитоси Кумэ. М.: Финансы и статистика. 1990. 304с.
2. Щеголева С.А. Статистика Ципфа-Парето-Мандельброта а анализ Парето. Вестник ДВГАЭУ. №3 (23), 2002. С.56-64.
3. А.А. Зыков. Основы теории графов. М.: Наука. 1987. 382с.
4. Ф. Уоссермен. Нейрокомпьютерная техника. Теория и практика. М.: Мир. 1992. 156с.
5. Дж. Касти. Большие системы. Связность, сложность, катастрофы. М.: Мир. 1982. 216с.
6. Н.Н. Моисеев. Математические задачи системного анализа. М.: Наука. 1981. 488с.
7. А.Н. Ширяев. Вероятность. М.: Наука. 1980. 576с.
8. С. Карлин. Основы теории случайных процессов. М.: Мир. 1971. 536с.
9. В.В. Юдин, Е.А. Любченко, Т.А. Писаренко. Информодинамика сетевых структур. Владивосток. Изд. ДВГУ. 2003. 244с.
10. В. Эбелинг, А. Энгель, Р. Файстель. Физика процессов эволюции. М.: Эдиториал-УРСС. 2001. 328с.
11. Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков. Введение в теорию квантованных полей. М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит. 1973. 416с.

СЕКЦИЯ 11. РАЗВИТИЕ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

S. Arykov (С. Б. Арыков)

FEFU, Vladivostok

TOOLS OF CONTROL TASKS IN THE «ASPECT» PROGRAMMING LANGUAGE (СРЕДСТВА ЗАДАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ АСПЕКТ)

Аннотация

В докладе представлены средства задания управления в языке программирования Аспект, основанные на строгом частичном порядке на множестве операций. Рассматривается простое, массовое и сложное управление, приводится пример использования такого подхода.

Введение

В последние годы в области параллельных вычислений ведутся активные исследовательские работы с целью повышения уровня программирования. Одна из фундаментальных проблем на этом пути – выбор подходящих средств задания управления. Язык программирования Аспект предлагает нестандартное решение этой задачи – управление с помощью частичного порядка на множестве операций с поддержкой массовых вычислений.

Подходы к заданию управления в программе

Процедурное (последовательное) представление алгоритмов используется во многих современных промышленных языках программирования, например, C++ или Java. Порядок исполнения операций в таком представлении жестко задан и определяется порядком следования операций в программе, а также семантикой управляющих операторов. Чтобы получить параллельную программу из процедурного представления алгоритма, необходимо отделить информационные зависимости (обусловленные зависимостями по данным) от управляющих, что во многих случаях представляет собой чрезвычайно трудную задачу.

Непроцедурное (функциональное) представление алгоритма используется в таких языках, как Haskell, Scheme и др. Порядок исполнения операций в подобных языках (исключая, возможно, ряд специфических средств

для обработки, например, ввода/вывода) определяется только информационными зависимостями, которые легко идентифицируются транслятором благодаря отсутствию распределения ресурсов, а потому параллельная программа получается существенно проще предыдущего подхода, однако возникает задача автоматического распределения ресурсов, решить которую с приемлемым качеством иногда опять-таки чрезвычайно трудно.

Между этими двумя крайними подходами существует большой диапазон представлений алгоритма с различной степенью непроцедурности. Для его задействования требуются специализированные средства по заданию управления.

Средства задания управления в языке Аспект

В отличие от упомянутых выше подходов, управление в языке программирования Аспект [1] задается с помощью строгого частичного порядка и логических операций, при этом, по умолчанию, все операции (фрагменты вычислений в терминах языка Аспект) могут исполняться одновременно. Модель вычислений для такого подхода описана в работе [2].

Для задания управления в языке Аспект используется конструкция вида

$$id1 \{ [expression1] \} < id2 \{ [expression2] \} \{ , id3 \{ [expression3] \} , \dots \}$$

где *id1* – идентификатор фрагмента вычислений, который должен выполняться до того, как начнется исполнение фрагментов вычислений *id2*, *id3* и т.д.; *expression1*, *expression2* и т.д. – выражения, используемые для задания массового управления и имеющие формат <индекс>, <индекс>+<константа>, либо <индекс>-<константа>; символ «<>» обозначает строгий частичный порядок на множестве фрагментов вычислений. Выражения могут быть опущены, в этом случае задается *простое управление*, т.е. один элемент бинарного отношения строгого частичного порядка. В случае использования выражений задается *массовое управление*, т.е. сразу некоторое подмножество бинарного отношения строгого частичного порядка.

Например, запись

$$A < B, C;$$

задает простое управление и означает, что фрагмент вычислений A должен исполниться раньше, чем начнут свое исполнение фрагменты вычислений B и C . Запись

$$S1[i] < S2[i];$$

задает массовое управление и означает, что i -й экземпляр фрагмента вычислений $S2$ может начать исполнение только завершения исполнения i -го экземпляра $S1$. Простое и массовое управление было реализовано в системе программирования [3].

Рассмотрим более сложный пример массового управления. Пусть оно задано следующим образом:

$$\begin{aligned} S[p][q] < S[p][q+1]; \\ S[s][t] < S[s+1][t]; \end{aligned}$$

Это управление задаёт такую схему, когда каждый (i, j) экземпляр зависит от своего левого и верхнего соседей. На практике подобные схемы управления часто возникают при решении задач численного моделирования, например, при проектировании и исследовании нефтяных скважин.

Язык Аспект для задания управления допускает использование логических операций $\&$ (И) и $|$ (ИЛИ). Например, запись

$$(S1[i] \& S2[i]) < S3[i];$$

означает, что i -й экземпляр $S3$ сможет начать выполнение только после того, как будут выполнены соответствующие i -е экземпляры $S1$ и $S2$. Такое управление называется *сложным*.

Комбинируя простое, массовое и сложное управление можно легко получать такие схемы управления, которые сложно/неудобно задавать средствами процедурных/функциональных языков программирования.

Литература

1. Арыков С.Б. Язык программирования Аспект // Известия Томского политех-нического университета. 2008. Т. 313. № 5. С. 89–92.
2. Арыков С.Б. Асинхронная модель вычислений с управлением на основе строгого частичного порядка // Параллельные вычислительные

технологии (ПаВТ'2016): труды международной научной конференции (Архангельск, 28 марта – 1 апреля 2016 г.). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. С. 54–67.

3. Arykov S.B., Malyshkin V.E. Asynchronous Language and System of Numerical Algorithms Fragmented Programming // Proceedings of the 10th International Conference on Parallel Computing Technologies (PaCT'2009). Berlin: Springer-Verlag, 2009. LNCS 5698. Pp. 1–7.

A. Bolshev, N. Belyaev (А.С. Большев, Н.Д. Беляев)

Saint-Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

**TRAINING OF SPECIALISTS FOR THE ARCTIC OFFSHORE
CONSTRUCTION (ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ МОР-
СКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА АРКТИЧЕСКОМ КОНТИНЕН-
ТАЛЬНОМ ШЕЛЬФЕ)**

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы профессионального образования инженеров для реализации проектов, связанных с развитием Арктического шельфа. Представлены подходы к учебному процессу в Санкт-Петербургском политехническом университете. Особое внимание уделено необходимости сочетания педагогической деятельности с научно-исследовательской работой. Описан положительный опыт организации стажировок в арктических условиях при обучении студентов. Предложены пути решения проблем возникающих в процессе подготовки квалифицированных кадров для Арктических проектов.

Одной из важнейших задач, сопряженной с реализацией проектов морского строительства на Арктическом континентальном шельфе, является кадровое обеспечение работ по проектированию, строительству и эксплуатации уникальных объектов обустройства нефтегазовых месторождений.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), один из старейших и наиболее признанных лидеров российского технического образования, обладает широким перечнем возможностей для комплексного решения названной проблемы.

Подготовка специалистов для морского строительства на Арктическом континентальном шельфе в СПбПУ может быть реализована по самым различным направлениям. Однако исторически она начала развиваться с 1975 г. на Гидротехническом факультете (в настоящее время Инженерно-строительный институт (ИСИ)) на кафедре «Водные пути и порты» (в настоящее время подразделение объединенной кафедры «Водохозяйственное и гидротехническое строительство»). С тех пор уровень научных исследований, требования к специалистам, способным создавать и эксплуатировать уникальные сооружения континентального шельфа существенно изменились. Объективная необходимость реформирования всего образовательного процесса predetermined вступления нашей промышленности в этап коренного научно-технического перевооружения, связанного с масштабным внедрением современных информационных технологий [1].

Политехничность и фундаментальность образования – вот тот плацдарм, с которого должны решаться проблемы подготовки инженеров-строителей в условиях научно-технической революции, связанной с масштабным внедрением информационных технологий, которые позволяют решить очень широкий круг актуальных для промышленности задач.

В СПбПУ на основании детального анализа рыночных потребностей и предложений пришли к выводу, что для формирования специалиста-строителя надо ориентироваться на изучение наиболее простых проблемно-ориентированных программных комплексов, позволяющих быстро и эффективно решать практические задачи. Изучение более сложных, наукоемких комплексов, например ANSYS, ABACUS, COSMOS и т.п. также целесообразно, но при подготовке специалистов более высокого уровня – магистров и аспирантов. При разработке систем автоматизации инженеры-строители должны выступать в роли заказчиков или потребителей, принимающих лишь косвенное участие в указанных разработках.

В этой связи необходимо пересматривать содержание и состав общепрофессиональных и специализированных дисциплин. Необходимо создавать условия для формирования штата преподавателей, владеющих современными технологиями, и инфраструктуру переподготовки кадров по профильным информационно-технологическим приложениям.

Наиболее эффективным путем повышение квалификации профессорско-преподавательского корпуса и квалификации кадров, выпускаемых

высшей школой, является регулярная реализация хоздоговорных работ по заказам промышленности. Силами научно-преподавательского состава только ИСИ за последние 10 лет реализованы многие десятки научно-исследовательских работ, посвященные проблемам создания новых объектов обустройства морских месторождений углеводородов, проблемам освоения территорий, прилегающих к арктическому шельфу, или задачам выполнения уникальных морских операций на шельфе [2, 4-7]. Выполнение широкого перечня работ стало возможным на основе теоретических разработок сотрудников СПбПУ [8, 10, 11] и разработки собственных программных комплексов, позволяющих моделировать поведение морских объектов в сложных, в том числе арктических условиях [3, 9]. Разработанные нами методологии математического моделирования поведения морских плавучих объектов реализованы в программном комплексе «Anchored Structures», который получил сертификат о типовом одобрении Российского Морского Регистра Судоходства и используется рядом известных научно-исследовательских и проектных организаций. В ИСИ работают также лаборатории по исследованию материалов, выполняющие заказы, связанные с сооружениями континентального шельфа, создаются геоинформационные системы. ГИС-технологии, на наш взгляд, должны стать основой информационной поддержки принятия управленческих решений при комплексном освоении Арктики.

Разумеется, научный потенциал Политехнического университета не ограничивается исключительно возможностями инженерно-строительного института. Научно-исследовательские работы, выполняемые в институте математики и механики с использованием суперкомпьютера, могут с успехом применяться при решении самых сложных задач при создании сооружений для освоения арктического шельфа.

Постоянная работа профессорско-преподавательского корпуса университета в рамках хоздоговорной тематики позволяет повысить уровень доходов преподавателей и удержать в высшей школе наиболее квалифицированные кадры; обеспечивает отслеживание преподавателями современного уровня знаний, а также опережающее привлечение студентов старших курсов к инженерным работам, чрезвычайно благотворно влияющее на их профессиональный рост и последующую профориентацию.

Одним из эффективных путей формирования квалифицированных кадров для освоения континентального шельфа являются практики и ста-

жировки. В ИСИ нашли возможность на основании кооперации с норвежскими партнерами организовать стажировки по арктическим технологиям для наиболее продвинутых студентов. «Арктические технологии» – это годовое обучение по программе «Гидротехническое строительство в арктических условиях» в международной инженерной школе на Шпицбергене (Норвегия). Ежегодно на протяжении 15 лет на стажировку в Свальбардский международный университет (UNIS) направляется несколько лучших студентов профильной кафедры Инженерно-строительного института. Стажировки полностью финансируются норвежской стороной. За два семестра обучения в UNIS наши студенты знакомятся с пятью курсами, объединёнными общим направлением «Arctic Engineering». Лекции дополняются большим объемом экскурсий, лабораторными и полевыми работами, морскими исследовательскими путешествиями, в которых студенты знакомятся с особенностями строительства фундаментов на вечномёрзлых грунтах, с методиками определения механических и физических параметров морского и пресного льда, а также с особенностями приливных течений и колебаниями уровня воды в близлежащих акваториях. Студенты, прошедшие стажировку в Норвегии, значительно лучше готовы к решению задач, связанных с освоением континентального шельфа: имеют более широкий кругозор, владеют более широким спектром знаний и навыков, свободно владеют английским языком. Одним из положительных результатов длительного взаимодействия со Свальбардским международным университетом является цикл учебников по арктическим технологиям подготовленный совместно российскими и норвежскими учеными.

Подготовка специалистов для морского строительства на Арктическом континентальном шельфе – актуальная, но сложная задача, требующая, на наш взгляд, консолидации усилий государства и бизнеса. В этой связи актуальным, на наш взгляд, является следующее:

развитие государственных программ повышения квалификации педагогов, занятых в подготовке инженерных кадров для Арктических проектов;

расширение финансирования производственных практик для студентов, специализирующихся по направлению строительства объектов обустройства морских месторождений и арктических территорий, позволяющая организовать практики в отдаленных регионах России;

интенсификация взаимодействия крупных государственных организаций и коммерческих фирм с учеными высших учебных заведений с целью регулярного выполнения научно-технических разработок по актуальным проектам силами научно-педагогического состава и студентов старших курсов;

адресная стипендиальная поддержка перспективных студентов со стороны крупных строительных и добывающих компаний, работающих на континентальном шельфе;

заключение прямых договоров с высшими учебными заведениями и студентами с целью адресной подготовки специалистов в интересах компаний, работающих на континентальном шельфе.

Литература

1. Альхименко А.И., Большев А.С., Ватин Н.И. Подготовка нового поколения инженеров-строителей. / Научно-технические ведомости СПбГПУ, №1, СПб.: изд. СПбГПУ, 2007, с. 74-79

2. Альхименко А.И., Большев А.С., Шхинек К.Н., Клеванный К.А. Математическое моделирование распространения нефти в воде и ликвидация последствий разливов в ледовых условиях. Тезисы докладов научно-практического симпозиума «Финский залив-96», СПб, 1996, с. 59-60.

3. Большев А.С. Кутейников М.А., Фролов С.А. Математическое моделирование морских плавучих объектов в программном комплексе «Anchored Structures». / Научно-технический сборник РМРС, вып. 36, 2013, с. 68-90.

4. Большев А.С., Купреев В.В., Фролов С.А., Чернецов В.А. Вопросы проектирования опорных конструкций для морских ветрогенераторов. / Гидротехническое строительство, №5, М., 2007, с. 31-36.

5. Большев А.С., Торопов Е.Е., Шхинек К.Н., Фролов С.А., Математическое моделирование процесса накатки верхнего строения на опорное основание морской платформы Приразломного нефтяного месторождения. / Гидротехническое строительство, №5, М., 2007, с. 70-75

6. Большев А.С., Шхинек К.Н., Филиповская Т.В. Гидротехнические сооружения на континентальном шельфе России. / Гидротехника. XXI век. №4 (16) 2013 г., с. 48-56.

7. Большев А.С., Шхинек К.Н., Фролов С.А., Балагура С.В. Математическое моделирование взаимодействия ровного льда и торосов с заякоренными плавучими сооружениями типа FPU и платформами типа SPAR. / Научно-технический сборник РМРС, вып. 32, 2009, с. 93-108.

8. Bolshev A.S. Statics and dynamics of anchored floating structures with non-linear characteristics of anchored system. Monograph, Gdansk, 1993, 218 p.

9. Bolshev A.S., Frolov S.A., Shkhinek K.N. Mathematical Modelling of Floating Anchored Objects Behavior under Ice Influence. Proceedings of the Tenth ISOPE Pacific/Asia Offshore Mechanics Symposium, Vladivostok, Russia, 2012, pp. 68-72.

10. Semenov K.K., Lebedev V.V., Nudner I.S., Belyaev N.D., et al. Impact of waves and currents on the soil near gravity-type offshore platform foundation: numerical and experimental studies. Proceedings of the 25th International Ocean and Polar Engineering Conference, ISOPE 2015, pp. 807-814.

11. Shchemelinin L.G., Utin A.V., Belyaev N.D., et al. Experimental studies regarding the efficiency of sea bed soil protection near offshore structures. Proceedings of the ISOPE. 2014. Busan, Korea, ISBN 978-1 880653 91-3, vol. 2, paper 14TPC-0320, pp. 625-631.

T. Dmitriyeva (Т.В. Дмитриева)

FEFU, Vladivostok

**CHANGES IN THE CONTENT, NATURE AND PEDAGOGIC
WORKING CONDITIONS, AS FACTORS OF CRISIS OF TEACHERS'
MOTIVATION AT HIGHER SCHOOL (ИЗМЕНЕНИЕ
СОДЕРЖАНИЯ, ХАРАКТЕРА И УСЛОВИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО
ТРУДА, КАК ФАКТОРЫ КРИЗИСА МОТИВАЦИИ
ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ)**

Аннотация

Отмечено, что современная ситуация в образовании характеризуется негативными явлениями. Подчёркивается значимость качества преподавательской деятельности в решении ключевых проблем высшей школы. Показано, что изменения, происходящие в социально-экономической сфере, неизбежно влекут изменения в структуре мотивации преподавателей, которые приводят к кризисному состоянию. Рассматриваются явления, подтверждающие кризис мотивации педагогической деятельности. Выделены две группы факторов, которые влияют на содержание, характер и условия труда преподавателей и способствуют снижению мотивации их профессиональной деятельности. Сделан вывод о том, что дальнейшее ужесточение социально-организационных условий педагогической деятельности чревато негативными последствиями для российских вузов

В эпоху перехода к обществу знаний большинство аналитиков признаёт, что образование выступает как важнейший инструмент, обеспечивающий выживание и развитие человечества. В то же время все активно идущие российские реформы не приводят к повышению уровня образования и улучшению его качества. Россия стремительно откатывается в образовательном пространстве. Исследователями показано, что исторического времени отпущено немного, и если образовательная политика не изменится, потери могут быть невосполнимыми [2]. В научно-педагогическом сообществе давно стали очевидными следующие факты: 1) движущей силой всех реформ в сфере образования являются преподаватели; 2) все реформы в образовании сводятся к реформам в обучении; 3) трансформации в обучении сводится к инновационным технологиям обучения; 4) разработка и внедрение новых технологий обучения требует вложения значительных ресурсов (интеллектуальных, трудовых, организационных, материальных и многих других).

Преподаватели – ключевые профессиональные сотрудники университета [4]. Качество университета в определяющей степени зависит от качества преподавания, то есть от уровня профессионализма преподавателей. Но в настоящее время статус преподавательской профессии в вузах (и в социуме) снижается.

В психологической теории деятельности давно стало аксиоматичным утверждение о том, что мотивационная компонента определяет эффективность любой деятельности (в том числе профессиональной). Но в настоящее время высшая школа испытывает ряд проблем, связанных с кризисом мотивации педагогов высшей школы.

Рассмотрим ещё одно очевидное явление, подтверждающее и частично объясняющее кризис мотивации профессиональной деятельности преподавателей. В последние десятилетия существенно изменилась социально-экономическая ситуация в стране, соответственно изменились содержание, характер и условия преподавательского труда, а, следовательно, и структура мотивации. Анализ результатов социологических исследований мотивации преподавателей вузов, проведённых в конце прошлого столетия позволяет выделить следующее. Профессия преподавателя имела высокий статус в обществе и относительно хорошо оплачивалась. Но получение материальных выгод не являлось для преподавателей сверхзначимой ценностью, ради которой они занимались профессиональной дея-

тельностью. Мотивационное ядро составляли мотивы, в большей степени связанные: 1) с содержанием преподавательской деятельности: удовлетворение от общения со студентами, желание передавать знания и опыт, стремление реализовать своё педагогическое призвание, возможность самореализации в научно-педагогической деятельности; 2) с характером труда: преподавание – высоко интеллектуальная творческая деятельность, поэтому высокий статус имеют мотивы интеллектуального характера труда, возможность творческой самореализации, непрерывного самообразования и саморазвития, мотивы научно-исследовательского труда; 3) с условиями труда: желание находиться в интеллектуальной творческой среде, высокая степень независимости (преподаватель имел возможность самостоятельно принимать решения по организации своей работы); гибкий график труда и наличие свободного времени (преподаватель мог получать немного денег, но он обладал ресурсом свободного времени, недоступным для коллег из коммерческой сферы, и возможность подчинения свободного времени решению творческих профессиональных задач или получению дополнительного заработка). Профессиональному развитию и личностному росту способствовали регулярные (через каждые 3–5 лет) семестровые курсы повышения квалификации в ведущих вузах страны. Перечисленные выше преимущества объединяются названием «академические вознаграждения» [3]. Немаловажное значение имели социально-психологические мотивы: социальные защиты (стабильная гарантированная работа, обеспеченная пенсия, низкий риск столкнуться с несправедливостью рынка), демократические справедливые отношения в академической среде (адекватная затратам труда заработная плата, равные реальные возможности заниматься научной работой и получить степень, звание, должность).

По мере изменения социально-экономической ситуации в стране (в частности, распространение креативных профессий и востребованность активных, творческих профессионалов), развития межгосударственных отношений в области образования (в частности, ориентация на международные образовательные стандарты) ситуация в образовании существенно изменилась. В целом преподаватели оценивают ситуацию в вузе как неутешительную. Как показывают результаты социологических исследований, этому способствует целый ряд причин, среди них преподаватели указывают: снижение престижа преподавательского труда и удовлетво-

рённость его результатами (слабые студенты), недостаточное финансирование, неудовлетворительные условия труда, неразвитая материальная база вуза, неэффективность курсов повышения квалификации, необходимость постоянно обновлять знания и быстро устаревающую методическую базу, работать с современными источниками информации; много рутинной работы (вроде проверки письменных работ, опроса студентов, составления и корректирования рабочих программ и учебно-методических комплексов). Большое недовольство вызывает увеличение аудиторной нагрузки, количества студентов в потоках, число студентов на одного преподавателя. Нарастает неудовлетворённость материальным вознаграждением, причём не только размерами, но и критериями его распределения [1].

Обобщение анализа результатов различных социологических исследований, опроса мнения коллег и собственного опыта позволили выделить разно уровневые группы факторов, которые влияют на содержание, условия и характер профессиональной деятельности преподавателей и способствуют снижению мотивации их профессиональной деятельности.

Факторы общегосударственного уровня:

- относительное снижение доходов вузовских преподавателей (если раньше преподаватель относился к верхним слоям среднего класса, то теперь эта планка значительно опустилась);

- понижение престижности преподавательской деятельности (этому активно способствуют платное обучение, трактовка образования как сферы услуг, «подушевое» финансирование вузов и др.);

- снижение уровня знаний студентов, их мотивированности в учёбе; преподавателям, особенно первых курсов, приходится иметь дело с массой студентов с ученическим менталитетом, большая часть которых не заинтересована в предмете;

- снижение ценности «академического вознаграждения»; если раньше вузы занимали практически монопольное положение, предоставляя наряду с достаточной заработной платой, достаточно высокое «нематериальное вознаграждение», то в настоящее время нематериальное вознаграждение в условиях вуза уменьшается, и одновременно растёт в конкурирующих профессиях вне вузов. По мере роста доли интеллектуального и креативного труда в других сферах, а также в связи с активным внедрением интернет-технологий, в экономике, бизнесе и других сферах существует достаточное число привлекательных престижных рабочих мест,

предоставляющих творческую развивающую деятельность, наличие креативной рабочей среды, возможности для профессионального развития и карьерного роста, «белую» высокую заработную плату, свободу в организации своего рабочего времени и много других свобод;

- снижение социальной защищённости преподавателей; в связи с введением краткосрочных контрактов и курса на омоложение кадров (несмотря на то, что продолжительность трудоспособного возраста преподавателей, значительно превышающий рубеж пенсионного возраста в других сферах деятельности) теряет свою значимость такой социальный мотив, как стабильность и надёжность в сохранении рабочего места; потеряла свою актуальность гарантия обеспеченности пенсией (она значительно меньше, чем у всех других категорий служащих и соизмерима с пенсиями безработных); имеет место высокий уровень риска столкнуться с несправедливостью в распределении вознаграждения за труд, а также с нематериальной (статусной) оценкой профессиональной деятельности: при оценке работы преподавателей, не имеющих учёных степеней и званий, но успешно выполняющих свои основные функции (опираясь на хорошо отрефлексированный опыт, педагогическую интуицию и мастерство, личностные и другие профессионально важные качества), складывается впечатление, что их деятельность не имеет никакой ценности для общества.

Факторы общеузовского уровня. В первую очередь, это ужесточение социально-организационных условий, регулируемых в условиях вуза:

- увеличение аудиторной нагрузки, вызывающее относительное снижение зарплаты, сильную загруженность и невозможность компенсации недостаточного материального дохода в виде дополнительной занятости; избыточная аудиторная нагрузка становится препятствием к повышению эффективности преподавательской деятельности;

- завышенные требования к уровню профессионализма неадекватные предоставляемым возможностям для профессионального роста;

- увеличение объёма рутинной работы (проверка письменных работ, составление и переписывание рабочих программ, учебно-методических комплексов и др.).

Из всего вышеизложенного очевидным образом следует вывод. Возможности повышения эффективности деятельности основного ресурса вузов – преподавателей в нынешних социально-организационных условиях исчерпаны. Дальнейшее ужесточение условий будет ошибочным и может повлечь серьёзные последствия: справедливое недовольство преподавате-

лей, скрытые и явные протесты, оголение ставок, понижение качества обучения и образования, ограничения в развитии российских вузов.

Список литературы

1. Давыдова И.А., Козьмина Я.Я. Профессиональный стресс и удовлетворённость работой преподавателей российских вузов // Вопросы образования. 2014. № 4. С. 169–183.

2. Кузьминов Я. Академическое сообщество и академические контракты: вызовы и ответы последнего времени // Контракты в академическом мире / сост. и науч. ред. М.М. Юдкевич. – М.: Изд. Дом Высшей школы экономики, 2011. С. 13-31.

3. Малинецкий Г.Г., Ахромеева Т.С., Посашков С.А. Российское образование – остановить катастрофу // Социология образования. 2015. № 4. С. 28–47.

4. Преподаватель – основная фигура в реализации инновационной системы образования: Монография / под ред. проф. М.А. Эскиндарова, проф. Б.М. Смитиенко, проф. С.М. Ермакова. – М.: Финансовый университет, 2011.

T. Dmitriyeva, R. Shepeleva (Т.В. Дмитриева, Р.П. Шепелева)

FEFU, Vladivostok

THE "MATH CORE 2": INNOVATIVE AND TRADITIONAL TRAINING (ПРОГРАММА «МАТЕМАТИКА CORE 2»: ИННОВАЦИОННОЕ И ТРАДИЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ)

Аннотация

Обозначены некоторые аспекты программы «Образование 2.0» и проекта «Базовое образование в ДВФУ». Выделены внешние условия, детерминирующие проектирование дисциплины «Математика Core 2». Дано краткое описание содержания обучения и организации инновационного учебного процесса. Выражено сомнение по поводу несоответствия объёма учебного материала и возможностей студентов его усвоить в заданных условиях. Приводится наглядный пример из традиционной практики и факты, иллюстрирующие необходимость более тщательного и детального подхода к проектированию содержания и технологий обучения.

В 2016 году в Дальневосточном федеральном университете начинается реализация новой образовательной модели подготовки бакалавров «Образование 2.0». Её важная часть – проект «Базовое образование в ДВФУ» » (FEFU Core Education) – это система, при которой студенты первого и второго курсов университета должны освоить двенадцать обязательных дисциплин, направленных на формирование универсальных компетенций, необходимых каждому образованному человеку. В рамках проекта Core 2 поставлены амбициозные задачи: дать не только общие знания по ряду гуманитарных, естественнонаучных и технических дисциплин, но и полезные навыки проектного управления, критического мышления, межличностной коммуникации. Предполагается увеличить долю самостоятельной работы студентов. Каждый первокурсник будет вовлечён в общую программу, направленную на формирование основных образовательных компетенций и приобретение опыта самостоятельного усвоения знаний.

В число обязательных дисциплин входит математика. При проектировании содержания дисциплины «Математика Core 2» учитывались следующие внешние условия: 1) этот предмет будут изучать студенты как технических, так и гуманитарных направлений, следовательно, уровень сложности должен быть доступен для неподготовленных студентов (ознакомительным, почти популярным); 2) «Core» в переводе с английского языка означает «ядро», следовательно, знания, полученные студентами в рамках этой дисциплины, должны быть базовыми и допускать углубление для студентов технических направлений, расширение для студентов экономических направлений, а также допускать развитие или остаться на уровне знакомства (по выбору) у студентов гуманитарных направлений обучения; 3) содержание дисциплины должно иметь прикладной и, желательно, профессионально-ориентированный характер; 4) важным фактором является то, что на освоение дисциплины выделено: 18 академических часов для лекционных занятий (всего 9 лекций), 36 – для практических занятий и 18 – для самостоятельной работы студентов (18/36/18); 5) учитывая масштабность задач, поставленных перед проектом Core 2, и ограниченность времени, выделенного на освоение дисциплины, остро встаёт вопрос о создании дополнительных условий для самостоятельного усвоения знаний студентами.

За короткий срок (1–2 месяца) коллективными усилиями (5–6 человек во главе с курс-лидером – одним из соавторов) были разработаны лекции, практические занятия, домашние задания, контрольные работы, тренировочные и проверочные тесты, слайды для лекций; учебные материалы внесены в электронную систему Black Board.

В содержание обучения вошли темы: линейная и векторная алгебра, аналитическая геометрия, пределы, производные, исследование функций, интегралы (неопределённый, определённый и несобственный), дифференциальные уравнения, ряды (включая степенные ряды и ряды Фурье), теория вероятностей и математическая статистика, множества, математическая логика и дискретная математика, теория принятия решений (включая элементы линейного программирования, теории графов и теории рисков), математическая обработка информации.

Предполагается следующая укрупнённая схема организации учебного процесса:

- 1) интерактивная лекция-презентация;
- 2) самостоятельное конспектирование лекции с использованием медиа средств;
- 3) на практических занятиях экспресс опрос лекционного материала с помощью проверочных тестов и решение задач;
- 4) выполнение домашних заданий;
- 5) внутри семестровый контроль знаний с помощью контрольных работ (4 контрольные работы за семестр);
- 6) семестровый контроль и аттестация на основании рейтинга студентов.

Оптимизм разработчиков содержания и технологий обучения, а также ожидаемые ими результаты вызывают сомнения. В настоящей работе остановимся только на объёме информации, заявленной для усвоения. Для сравнения приведём пример из реальной традиционной практики.

Много лет для студентов гуманитарных специальностей одним из соавторов реализовывался курс «Математика», на который выделялось 18 лекционных и 18 практических занятий. В содержание обучения были включены модули: «Элементы линейного программирования», «Элементы теории вероятностей», «Элементы математической статистики», «Элементы теории игр», «Элементы математической логики». Для каждого модуля были составлены методические указания для студентов, включающие содержательные постановки задач, математические постановки задач, задания на математические постановки задач (задачи на моделирование), методы решения, типовые примеры с решениями, задания для аудиторной работы, задания для домашней работы, итоговые индивидуальные зада-

ния. В структуре и содержании методических указания были заложены возможности для реализации различных технологий обучения, в том числе технологии совместной познавательной деятельности. На освоение каждого модуля отводилось ориентировочно три-четыре лекционных и столько же практических занятий.

В качестве наглядного иллюстрирующего примера выберем организацию изучения темы «Линейное программирование». «Графическое решение задач линейного программирования» в инновационном курсе «Математика Core 2» входит в тему «Элементы теории принятия решений» (следовательно, занимает только часть одной лекции). В традиционном курсе «Математика» для изучения элементов линейного программирования отводится отдельный модуль.

Представим здесь укрупнённую схему фрагмента учебного процесса. Первая лекция традиционно – вводно-обзорная: студенты получают 1) организационные установки (знакомятся с необходимыми и достаточными условиями успешной сдачи зачёта и др.), 2) поверхностный обзор учебного материала, который им предстоит освоить (обобщённый образ всего курса). На первом практическом занятии проверяются остаточные школьные знания первокурсников по многократно апробированным тестам, обладающим достаточной дифференцирующей силой. Тестирование рассчитано на один астрономический час. За время проведения теста можно составить представление об уровне школьных знаний студентов и предварительное впечатление о предстоящих затруднениях при усвоении учебного материала. Поэтому в оставшиеся 0,5 астрономического часа можно провести консультацию (как показывает опыт, приходится рассматривать такие темы, как элементарные преобразования алгебраических выражений, решение линейных и квадратных (особенно неполных) уравнений, действия со степенями и дробями, построение графиков элементарных функций и др.).

Так как проверка базовых школьных знаний прошла на первом практическом занятии, этап выявления входного уровня необходимых базовых знаний, традиционный для модульной технологии обучения, пропускается. Важность второго этапа – актуализация школьных знаний – трудно переоценить. Его содержание и продолжительность определяется общегрупповым уровнем остаточных школьных знаний и содержанием изучаемого модуля. Для успешного овладения знаниями модуля «Линейное програм-

мирование» (ЛП) студенты (вчерашние школьники) должны знать общее уравнение прямой, частные случаи общего уравнения прямой, уметь построить прямую на плоскости, знать признаки расположения прямых на плоскости, уметь найти точку пересечения двух прямых, а для этого знать методы решения систем линейных уравнений, уметь решать линейные неравенства и системы неравенств с одной и двумя переменными, знать геометрические интерпретации перечисленных и других понятий и действий. Как показывает опыт, повторение занимает ориентировочно 1–1,5 академических часа (вторая лекция). Оставшиеся 0,5 часа можно посвятить совместному обзору учебного пособия «Элементы линейного программирования». Второе практическое занятие, как правило, посвящается закреплению, расширению и углублению знаний, полученных на лекции (в случае ЛП рассматриваются частные случаи системы линейных неравенств из учебного пособия и др.) и завершается выполнением индивидуальной самостоятельной работы «Решение системы линейных неравенств», переходящей в домашнюю работу для тех, кто не успел справиться на практическом занятии. На третьей лекции рассматриваются содержательная и математическая постановки задачи ЛП и обобщённый алгоритм графического решения задачи ЛП с двумя переменными. Третье практическое занятие посвящается закреплению навыков математической постановки задач ЛП и поиску экстремума линейной функции двух переменных (все задания содержатся в методических указаниях). На четвёртой лекции излагается подробный алгоритм решения задачи ЛП (все этапы которого рассмотрены и уже освоены студентами) и приводится подробное решение типового варианта. На четвёртом практическом занятии студенты выполняют итоговую индивидуальную работу, которая занимает 60–90 минут.

Даже при достаточно тщательной проработке темы, относительно успешно осваивают этот модуль лишь 60–80 % числа студентов. Согласно наблюдениям, 10–15 % студентов испытывают затруднения из-за непредвиденных пропусков занятий, а каждый четвёртый нуждается в дополнительной педагогической помощи.

При сравнительном анализе двух вариантов естественным образом возникает множество дискуссионных вопросов к руководителям программы и разработчикам дисциплины. Для усиления дискуссионности добавим ещё два более глобальных и убедительных факта. 1) Согласно популярной ныне «теории поколений» современные студенты принадлежат «поколе-

нию Z» [1]. Людей этого поколения отличает, прежде всего, максимальная приближенность к информации. Их образ мыслей отличается фрагментарностью (так называемое «клиповое мышление»). У них заниженный уровень развития познавательных процессов (памяти, внимания, восприятия, мышления). Главный социально-психологический тренд нового поколения – это инфантилизация. Они менее ответственны, менее исполнительны. У них не достаточно развита учебная мотивация, произвольная регуляция деятельности. 2) Результаты международного тестирования PISA свидетельствуют о том, что российские школьники обладают низким уровнем функциональной грамотности. Лишь незначительная их часть (14–15 %) умеет находить и извлекать информацию из текста, интегрировать и интерпретировать для себя содержание текста, т.е. готова к самостоятельному обучению с помощью текстов [2].

Заключение: не учитывая реальности, можно сотворить серьёзные ошибки. Лишь реализация научно-обоснованного подхода может минимизировать их последствия.

Литература

1. Коатс Дж. Поколения и стили обучения. М.: МАПДО; Новочеркасск: НОК, 2011.
2. Бершадская М.Д. Функциональная грамотность школьников и проблемы высшей школы // Отечественные записки. 2012. № 4 (49).

T. Dmitriyeva (Т.В. Дмитриева)

FEFU, Vladivostok

**SOCIAL AND ORGANIZATIONAL CONDITIONS OF THE
PROFESSIONAL ACTIVITY OF TEACHERS IN THE CONTEXT OF
GLOBAL EDUCATION STANDARDS (СОЦИАЛЬНО-
ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ УСЛОВИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯ-
ТЕЛЬНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ В КОНТЕКСТЕ МИРОВЫХ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ)**

Аннотация

Отмечено, что резко падает привлекательность профессии вузовского преподавателя. В стремлении приблизить уровень российского образования к мировым образовательным стандартам, достаточно внимание уделяется развитию студентов, но условия труда преподавателя от мировых стандартов отдаляются. Обсуждается проблема: правомерно ли экстраполировать опыт зарубежных вузов в практику обучения без его соответствующей научно-обоснованной трансформации и адаптации к реальной российской образовательной ситуации. Показана необходимость серьёзных социально-организационных перемен. Сравнительный анализ некоторых особенностей профессиональной деятельности зарубежных и российских преподавателей, позволяет выделить ряд социально-организационных условий, на которые стоит обратить внимание менеджерам образования.

Стремление ведущих российских университетов приблизиться к мировым образовательным стандартам сопровождается резким повышением требований к качеству профессиональной деятельности научно-педагогических кадров. Изменение содержания, характера и условий педагогической деятельности, роли преподавателя в учебном процессе сопровождается непосильными требованиями и дополнительными нагрузками. И, как следствие, снижением мотивации, неудовлетворённостью своей деятельностью, профессиональным и эмоциональным выгоранием, психосоматическими расстройствами, непривлекательностью педагогического труда для молодых талантливых специалистов, дефицитом педагогических кадров и другими негативными явлениями, в результате которых снижается качество обучения и образования.

Сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта функционирования систем высшего образования позволяет выдвинуть следующее наблюдение. С одной стороны, вектор преобразований активно направлен в сторону развития студентов. Ставятся амбициозные задачи: развивать у обучающихся навыки командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерские и другие качества активной, самостоятельной, инициативной самодостаточной личности. С этой целью кардинально меняются программы, технологии обучения, распределение материальных средств, студентам предоставляются различные академические свободы и возможности, способствующие их развитию. А с другой стороны, у преподавателей, как основной движущей силы всех идущих и грядущих инновационных преобразований, социально-организационные условия и требования лишь ужесточаются, без предоставления дополнительных возможностей для саморазвития. Для всех очевидны истины: развивать может только развивающийся, воспитать личность может только личность.

В настоящей работе рассмотрим лишь некоторые аспекты этой проблемы в формате сравнительного анализа российской и зарубежной реальности.

Самые острые дискуссии вызывает избыточная аудиторная нагрузка преподавателей. Сопоставим российские и зарубежные вузы по объёму аудиторной нагрузки. В зарубежных исследовательских университетах нагрузка составляет 100–200 часов в год, в университетах, ориентированных исключительно на обучение, аудиторная нагрузка преподавателей может достигать 300–400 часов в год. В России – от 600–700 для профессора до 950 и более у ассистента. Вполне очевидно, что такой объём аудиторной работы становится препятствием к повышению эффективности преподавательской деятельности.

Негативное роль этого обстоятельства для российских преподавателей усиливается тем, что аудиторная нагрузка часто сопровождается большим объёмом неучтённой рутинной работы: проверка письменных работ, промежуточный контроль, приём зачётов и экзаменов и др. В зарубежных вузах для проверки письменных работ осуществляется наём временных работников. Учебные ассистенты из числа магистрантов и аспирантов успешно выполняют труд, который по содержанию относится к интеллектуальной рутине: проверку студенческих работ, консультирова-

ние отстающих студентов, проведение лабораторных работ [9]. Многие виды домашних работ выполняются студентами под автоматизированным контролем, который позволяет преподавателю следить за систематичностью и правильностью выполнения в дистанционном режиме и существенно экономит его личное время.

Ещё один вид неквалифицированной и трудоёмкой работы, вызывающий перегрузки преподавателей – это составление и заполнение различной методической документации. В зарубежных вузах эта проблема решается путём классификации: преподаватель-методист, преподаватель-лектор, преподаватель-исследователь. От преподавателя-исследователя не требуется составление учебных программ, планов, методических материалов, а преподаватель-методист не обязан заниматься научной работой. В российских вузах, несмотря на то, что декларируется возможность неравномерного распределения аудиторной нагрузки среди преподавателей в зависимости от их методической и научной активности, уравнивающее распределение продолжается

Один из серьёзных факторов, препятствующих повышению качества преподавательской деятельности, низкий уровень заработной платы. Результаты социологических опросов свидетельствуют о том, что практически все преподаватели имеют дополнительный заработок: либо в своей профессиональной области (совместительство, почасовая работа, репетиторство), либо их деятельность косвенно связана с преподаваемой дисциплиной (это особенно характерно для направлений, где уровень дохода преподавателей несопоставим с уровнем дохода специалистов аналогичного уровня квалификации в коммерческом секторе: экономисты, юристы, IT-специалисты, переводчики, проектировщики и др.). Несомненно, что их профессиональная активность на основном месте работы заметно падает.

Чрезмерная загруженность российских преподавателей аудиторной и рутинной работой является ключевым препятствием для развития многих других актуальных процессов в университетах. Например, во многих публикациях преподавателей обвиняют в недостаточной методической подготовке, но если проанализировать это явление более детально, то легко убедиться, что в большинстве случаев недостаточная методическая подготовка обусловлена вынужденной недостаточной методической обеспеченностью. Для отечественного образования характерно, что каждый преподаватель имеет свою собственную методическую базу. На сайтах рос-

сийских университетах трудно найти методические материалы, приемлемые для конкретной учебной ситуации. Слабая унификация учебных программ сдерживает не только методическое оснащение учебного процесса, но и студенческую мобильность.

Следующий аспект – научная работа, которая является ведущим критерием оценки деятельности преподавателей в зарубежных исследовательских университетах. По данным ряда исследований [5] из-за высокой академической нагрузки и необходимости искать дополнительную занятость, научная работа для российских преподавателей продолжает носить формальный характер. Естественным образом встаёт вопрос: можно ли от российских преподавателей требовать таких же показателей, как демонстрируют их коллеги за рубежом, по таким аспектам, как число публикаций, индексируемых в информационно-аналитических системах научного тестирования Scopus и Web of Science (где ведущим требованием является проведение обширного экспериментального исследования), участие в конкурсах на соискание грантов (где обычно могут конкурировать только научные коллективы), участие в конференциях [4].

Конечно, в России есть вузы, в которых преподаватели имеют меньшую аудиторную нагрузку, большую по величине заработную плату, более подготовленных к обучению в вузе студентов, приближенность к научным центрам и другие возможности, благоприятные для развития успешной профессиональной деятельности. Но в широкой образовательной практике мы имеем: неоплачиваемую методическую работу, которая в настоящих условиях для преподавателя – ресурс и материально затратное хобби; и научную работу – очень дорогое для преподавателей хобби.

Анализируя изложенное, можно выделить внутренние возможности вуза, которые позволяют управлять профессиональной мотивацией преподавателей вуза без больших материальных вложений. Но на первый план выходит справедливое финансовое стимулирование всех видов профессиональной деятельности с учётом зарубежного и отечественного опыта.

Литература

1. Васильева Е.Ю. Международный опыт оценки преподавателей // *Alma Mater (Вестник высшей школы)*. 2013. № 9. С. 85–89.
2. Воронов М.В. Модель оценки деятельности преподавателей вуза // *Инновации в образовании*. 2014. № 2. С. 12–24.

3. Исаева Т.В. Отечественный и международный опыт оценки деятельности преподавателя высшей школы. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecsocman.hse.ru/text/16214072> (Дата обращения 25.08.2016).

4. Исаева Т.Е., Чуриков М.П., Котляренко Ю.Ю. Эффективность оценивания деятельности преподавателей вузов: сравнение отечественных и зарубежных методик // Интернет-журнал «Науковедение». 2015. Том 7. № 3.

5. Как платят профессорам? Глобальное сравнение систем вознаграждения и контрактов / под ред. Ф. Альтбаха, Л. Райсберг, М. Юдкевич, Г. Андрущак, И. Пачеко. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2012. – 439 с.

6. Караваева Е.В., Телешова И.Г., Ульянова М.Е., Эченикэ В.Х. Возможность использования методологических принципов европейского образования в российских университетах // Высшее образование в России. 2013. № 1. С. 3–13.

7. Ковтун Е.Н., Родионова С.Е. Нагрузка преподавателей и студентов в новых условиях обучения: принципы планирования и учёта // Филология и культура. 2012. № 2 (28). С. 59–63.

8. Копров В.М. Сравнительный анализ оценки эффективности результатов деятельности научно-педагогического состава высших учебных заведений // Alma Mater (Вестник высшей школы). 2016. № 4. С. 87–91.

9. Кузьминов Я. Академическое сообщество и академические контракты: вызовы и ответы последнего времени // Контракты в академическом мире / сост. и науч. ред. М.М. Юдкевич. – М.: Изд. Дом Высшей школы экономики, 2011. С. 13-31.

10. Мусатова Ж.Б., Штыхно Д.А., Сагинов Ю.Л., Мельников М.С. Сравнительный анализ показателей работы преподавателей вуза, используемых в разных странах // Инициативы XXI века. 2014. № 3. С. 46–50.

11. Нестеренко В.Г., Макарова И.А. Сопоставительный анализ отечественного и зарубежного профессионального стандартов педагога // Alma Mater (Вестник высшей школы). 2015. № 6. С. 78–84.

12. Пиявский С.А., Ворошилов В.В., Елунин М.Н., Савельева Г.П. Новые формы организации учебного процесса и планирования учебной нагрузки преподавателей // Alma Mater (Вестник высшей школы). 2014. № 2. С. 68–73.

13. Райчук Д.Ю. Аудиторная нагрузка ППС в свете мирового опыта // Высшее образование в России. 2016. № 1. С. 10–12.

14. Сазонов Б.А. Академические часы, зачётные единицы и модели учебной нагрузки // Высшее образование в России. 2008. № 11. С. 3–21.

*E. Ezhov, P. Garibin, E. Olkhovik (E. Ю. Ежов, П.А. Гарибин,
Е.О. Ольховик)*

**Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg**

**THE DEVELOPMENT OF POLYTECHNIC EDUCATION IN THE
FEDERAL STATE FINANCED EDUCATIONAL INSTITUTION OF
HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION “ADMIRAL MAKAROV
STATE UNIVERSITY OF MARITIME AND INLAND SHIPPING”
(РАЗВИТИЕ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В
ИНСТИТУТЕ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА ФГБОУ ВО «ГУМРФ
ИМЕНИ АДМИРАЛА С.О. МАКАРОВА»)**

Аннотация

Рассмотрены современные тенденции развития образовательного процесса и требования профильных организаций к подготовке выпускников университета. Акцентируется внимание на системности подхода и необходимости широкого внедрения информационных технологий на уровне фундаментальных дисциплин. Отмечается, что политехнизация заключается, прежде всего, в комплексной подготовке будущего специалиста.

До последнего времени в России существовала развитая сеть высших и средних профессиональных учебных заведений, осуществляющих подготовку, повышение квалификации и переподготовку специалистов разного профиля для водного транспорта [5]. В настоящее время в результате цивилизационного развития произошла трансформация традиционного взгляда на цели и методы образования, в рамках которого термин «политехнический» трактовался как «относящийся к различным отраслям техники либо основанный на разностороннем знакомстве с техникой».

В современных условиях политехническое образования следует рассматривать как процесс усвоения систематизированных знаний, формиро-

вание умений и навыков, наиболее распространенных в сферах проектно-конструкторской, организационно-управленческой, производственно-технологической и научно-исследовательской деятельности. Политехничность достигается путем синергетического применения фундаментальных знаний для получения знаний специальных.

Современное понятие политехнического образования приведено в материалах ЮНЕСКО [6], в которых констатируется необходимость «научиться делать, с тем чтобы приобрести не только *профессиональную квалификацию*, но и в более широком смысле *компетентность*, которая дает возможность справляться с различными многочисленными ситуациями и работать в группе». Это согласуется с компетентностным подходом к образованию, который воплощается в Федеральных государственных стандартах [2].

В отличие от многих систем зарубежного обучения традиционно сильной стороной отечественного высшего образования общепринято считать его фундаментальность. Действительно, углубленная фундаментальная подготовка позволяет выпускнику в любой узкоспециализированной области работать более эффективно, поскольку он «готов к решению разнообразных задач, а не к использованию известных методик и фактов». При подготовке инженеров традиционно ставится задача отвечать на запросы общества и потребности реальной экономики на 15-20 лет вперед. Объем преподавания специальных дисциплин диктуется прямой необходимостью обеспечения глубины фундаментальной подготовки, которую должны получать студенты.

В Институте водного транспорта (ЛИВТ, СПГУВК, ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова) исторически сложился высокий уровень фундаментальной подготовки по базовым дисциплинам: математике, физике, механике. Сейчас к этому перечню добавляются информационные технологии. При этом институт является отраслевым при Министерстве Транспорта России, что предопределяет тесную взаимосвязь с потребностями водного транспорта.

В настоящее время необходимо акцентировать внимание на взаимосвязи направлений подготовки студентов Института с целевой программой развития водного транспорта до 2030 года [3]. Одним из направлений программы является строительство новых российских портов на Балтийском побережье (Приморск, Высоцк, Усть-Луга, Бронка, расширение

морского порта Санкт-Петербург), что снизит экономические потери от транзита грузов через страны Балтии. Однако транспортный комплекс все еще несет существенные издержки за счет отсутствия необходимого количества судов, портовых перегрузочных систем, наземных логистических комплексов, гидротехнических объектов соответствующих пропускной способности портов. В связи с этим в настоящее время концепция образования Института водного транспорта включает развитие политехнической взаимосвязи подготовки специалистов. В состав института вошли такие направления, как «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», «Электротехника и электроэнергетика», «Строительство» по профилю Гидротехническое строительство, «Управление водным транспортом» с профилем Мультимодальные перевозки, направления связанные с Информационными технологиями.

Понятие фундаментальности конкретного знания меняется во времени. Например, на современном этапе развития гидротехники объект строительства рассматривается как искусственная природно-техническая система [7], и возникает необходимость наличия фундаментальных знаний в области экологии, социальной безопасности, теории принятия технических решений.

Отсюда следует, что фундаментальность политехнического образования предполагает включение в учебные планы как классических консервативных общегуманитарных, социально-экономических, математических, так и естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин. Большой проблемой построения новой модели образования для развития у выпускников определенных компетенций на базе системного подхода, реализованного в паспорте специальности, является дефицит учебного времени. Одной из возможностей преодоления такого дефицита является использование современных обучающих технологий:

- разработка компьютерных тренажерных комплексов и интерактивных моделей объектов,
- визуализация рабочих процессов, а также чрезвычайных ситуаций и их последствий на гидротехнических объектах водного транспорта.

Безусловно, для успешной подготовки студентов по всем направлениям одним из основополагающих факторов является приобретение навыков при работе на действующих объектах и в специализированных профильных организациях.

В Институте водного транспорта студенты на младших курсах получают первые навыки работы с основным набором профессионального программного обеспечения (архитектурно-конструкторское, сметное, организационно-плановое, и т.д.). Курсовые работы по составу и требованию к оформлению разделов максимально приближены к требованиям работодателей.

Как пример можно привести разработку и построение высокоточных трехмерных моделей объектов 3D модели объекта в Allplan, экспорт ее в SCAD для выполнения расчетов, передача результатов расчетов в Allplan и дальнейшее формирования рабочей документации. В Alltop при этом передаются объемы работ, выполняются сметные расчеты и анализируется стоимость строительства по мере принятия проектных решений с оценкой надежности сооружения и риска безопасной эксплуатации. Успешный опыт начала внедрения такого подхода уже имеется в ведущих университетах России, например в Инженерно-строительном институте ГОУ СПб ПУ «Петра Великого» для объектов промышленно-гражданского строительства.

Особое внимание следует уделить кадровому сопровождению процесса политехнизации учебного процесса. Благодаря блестящему профессорско-преподавательскому составу и будущим работодателям, мы обеспечиваем высочайший профессиональный уровень подготовки выпускников, готовим компетентных, обладающих фундаментальными знаниями специалистов, нацеленных на инновационную деятельность.

Литература

1. Федеральный закон № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». Принят Государственной Думой 21 декабря 2012 года.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 СТРОИТЕЛЬСТВО (уровень бакалавриата). Утвержден Министерством образования и науки Российской Федерации, приказ от 12 марта 2015 г. № 201.
3. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 г. № 327-р
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию".
5. Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций. К 200-летию государственной подготовки специалистов

для водного транспорта (1809-2009). – СПб.: СПГУВК, 2009. – 444 с. ISBN 978-5-88789-281-8.

6. Образование: сокрытое сокровище. – UNESCO, 1996.

7. А.Б. Векслер, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений. СПб, Изд. ОАО «ВНИИГ» им Б.Е. Веденеева, 2002, – 590 с. ISBN 5-85529-089-1.

N. Gagarsky (Н.А. Гагарский)

FEFU, Vladivostok

**CREATING A COMPLEX EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC
GEODETIC POLYGON "OSTROVNOY"(SCHOOL OF
ENGINEERING, FEFU) IS THE KEY TO SUCCESS IN THE
DEVELOPMENT OF THE INTEGRATION OF EDUCATIONAL,
RESEARCH AND PRODUCTION PROCESSES (СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО УЧЕБНО-НАУЧНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА «ОСТРОВНОЙ» ИШ ДВФУ – ЗАЛОГ УСПЕХА В РАЗВИТИИ ИНТЕГРАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО, НАУЧНОГО И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССОВ)**

Аннотация

в докладе рассмотрены необходимость и перспективы создания в ДВФУ учебно-научной лаборатории «Комплексный учебно-научный геодезический полигон «Островной»», дано краткое описание комплексного учебно-научного геодезического полигона «Островной», приведена планируемая структура, представлены перечень и результаты работ, выполненных на первом этапе создания Полигона.

Создание учебно-научной лаборатории «Комплексный учебно-научный геодезический полигон «Островной» – залог успеха при проведении учебных полевых геодезических практик и проведения научно-экспериментальных работ студентами и сотрудниками разных школ и специальностей ДВФУ: «Прикладная геодезия», «Землеустройство и кадастры», «Горное и маркшейдерское дело», «Строительство», «Архитектура», «Гидрология», «География», «Геология» и других специальностей.

Лаборатория создается в рамках Программы повышения конкурентоспособности (ППКС) ИШ ДВФУ (пункт 7.1) и необходима для организации и осуществления на высоком научно-методическом уровне учебного процесса со студентами бакалавриата, специалитета и магистратуры многих образовательных программ университета, а также для научных исследований в области геодезии, геодинамики, землеустройства и кадастров и решения производственных задач.

Учебно-научную лабораторию «Комплексный учебно-научный геодезический полигон «Островной»» (далее Полигон) на первом этапе предполагается создать из двух блоков:

Учебно-производственный блок. Создается в виде планово-высотной опорной (ПВО) геодезической сети производственного значения и учебной съёмочной сети (сеть микротриангуляции) с привязкой к пунктам государственной геодезической сети для обеспечения деятельности специалистов департамента имущественных и земельных отношений ДВФУ и проведения учебных геодезических практик студентов различных образовательных программ университета на территории кампуса и, а также в виде специально созданной инфраструктуры по обеспечению необходимых условий для студентов и преподавателей ДВФУ при проведении учебных геодезических практик.

Научный блок. Реализуется в виде сети геодезических пунктов геодинимического полигона на островах архипелага императрицы Евгении (Русский, Попова, Рейнеке, Рикорда) для проведения научных исследований по теме: «Определение деформаций земной поверхности на локальном участке (полигоне) в районе стыка евроазиатской и тихоокеанской платформ земной коры методом высокоточных геодезических спутниковых измерений» с привлечением студентов специальности «Прикладная геодезия».

Организация и проведение научных исследований по указанной теме являются основной частью планов кафедры геодезии, землеустройства и кадастра Инженерной школы ДВФУ по проведению научно-исследовательских работ на геодинимическом полигоне.

Проектирование и дальнейшее развитие комплексного учебно-научного полигона «Островной» является частью программы развития Инженерной школы ДВФУ и входит в проект ПНР 3 «Технологии для

устойчивого и безопасного развития региона», пункт 3.2 МНОЦ «Мониторинг и предотвращение природных и техногенных катастроф».

В дальнейшем, в рамках реализации проекта второй очереди развития ДВФУ функции Полигона будут расширяться и включать в себя решение задач по отработке принципов научно-исследовательской, производственно-изыскательской, хозяйственной, мониторинговой, проектной (территориальное планирование) и управленческой деятельности островных территорий с учетом соблюдения принципов не истощительного природопользования и устойчивого развития. В связи с этим актуальным становится и территориальное расширение Полигона на акваторию островного архипелага с целью изучения и отработки методик по оценке и использованию природно-ресурсного потенциала шельфа в прибрежной островной зоне.

Дальневосточный регион России, как и АТР в целом, изобилует островными территориями. Их географическая специфичность определена несколькими аспектами:

- относительно ограниченная (слабая) хозяйственная освоенность;
- удаленность от более развитых континентальных инфраструктур (транспортных, энергетических, строительных, аварийно-спасательных и пр.);
- повышенная уязвимость по отношению к опасным природным явлениям (цунами, штормам, землетрясениям, тайфунам и пр.) в виду их относительной изолированности и удаленности от центров оказания экстренной помощи.

Все это в совокупности отражается на специфике сложившегося природопользования и, соответственно, особенностях территориального планирования и управления этими территориями.

В связи с этим представляется целесообразным создание Комплексного учебно-научного полигона на островах Русский, Попова, Рейнеке, Рикорда и в прилегающей прибрежно-морской зоне с последующим ее расширением.

Структура создаваемых блоков Полигона на первом этапе его создания

Учебно-производственный блок

Создание инфраструктуры и условий для проведения геодезических учебных практик студентов различных инженерных и естественнонауч-

ных специальностей ДВФУ потребует наличие необходимых и подходящих для этих целей территории площадью 15-20 га.

Количество студентов, преподавателей и сотрудников ДВФУ, одновременно выполняющих работы по учебной геодезической практике на полигоне – до 150 чел. Практика проводится 2-мя, 3-мя потоками в летний период.

Предполагается организовать две площадки Учебного геодезического полигона (УГП), как части учебно-производственного блока:

Первая площадка формируется в условиях урбанизированной территории, за которую может быть принята парковая и застроенная зона кампуса ДВФУ с использованием помещений учебных и лабораторного корпусов ДВФУ.

Вторая площадка создается в условиях необжитой («залесенной») зоны (где студенты смогут познакомиться с экспедиционными условиями работы геодезистов), которой может стать территория второй очереди развития ДВФУ (полевая база в районе Ахлестышева). Целесообразно запроектировать выход площадки к побережью бухты Навик с целью строительства причала и необходимых сооружений в дальнейшем, для решения вопросов учебного процесса и обеспечения производственных работ по морской геодезии (гидрографии) и обследованию гидротехнических сооружений.

Помимо проведения геодезических практик у студентов на базе созданной сети пунктов ПВО геодезического Полигона могут выполняться и другие виды работ, имеющие практическое значение по эксплуатации кампуса ДВФУ:

- топографические съемки участков местности на кампусе и прилегающей территории с созданием топографических планов;
- землеустроительные и кадастровые работы;
- решение инженерно-геодезических задач для обеспечения проектирования и строительства объектов недвижимости, а также обеспечение наблюдений за деформациями зданий и сооружений;
- метрологическое исследование и поверки геодезического оборудования.

Для реализации указанных геодезических построений необходима разработка Технического проекта с расчетом необходимых финансовых средств.

Научный блок

При выполнении геодезических спутниковых измерений на геодинамическом (научном) полигоне на островах, которые кафедра в летний период ежегодно проводит в рамках программ учебных и производственных практик, предполагается располагаться в полевом передвижном палаточном лагере коллективом преподавателей и студентов численностью до 10-12 человек.

Указанные геодезические построения создаваемых блоков Полигона на первом этапе его создания должны быть расположены на островных территориях Владивостокского городского округа, преимущественно на о. Русском. Большинство из них должны находиться вблизи кампуса ДВФУ.

Проделанные шаги по реализации проекта Полигон «Островной»

Не дожидаясь решения вопросов по приданию официального юридического статуса комплексному Полигону и определению источников финансирования на его создание, кафедра геодезии, землеустройства и кадастра (ГЗУиК) ИШ ДВФУ с осени 2013 года начала подготовительные, а затем и реальные геодезические работы.

Выполнена часть работ по созданию планируемого Полигона, которая в минимальном варианте необходима для проведения учебных практик, и, которую можно было выполнить силами преподавателей и студентов, используя для этого финансовые средства, полученные кафедрой от участия в грантах и от договорной деятельности.

По реализации планов создания учебно-производственного блока за два календарных года кафедрой ГЗУиК ИШ выполнен следующий комплекс работ.

Была завершена подготовка к проведению геодезических измерений для создания производственного блока

Преподавателями кафедры ГЗУиК, сотрудниками отдела геодезии департамента имущественных и земельных отношений ДВФУ и студентами старших курсов специальности «Прикладная геодезия» выполнены спутниковые геодезические измерения на 35 пунктах (включая исходные) подготовленной планово-высотной основы (ПВО) геодезического полигона с одновременным использованием 14 спутниковых приемников.

Созданная и отнаблюденная планово-высотная сеть геодезического Полигона связана с государственной геодезической сетью (ГГС – 3 пунк-

та) и городской геодезической сетью сгущения (ГСС – 8 пунктов). Материалы выполненных измерений по созданию блока ПВО прошли предварительный контроль и переданы на окончательную обработку.

В парковой зоне территории кампуса ДВФУ под руководством преподавателей кафедры ГЗУиК студентами строительной специальности в 2014 году выполнена рекогносцировка и закреплены на местности 20 пунктов геодезической (учебной) съемочной сети, развитой методом микротриангуляции.

Съемочная сеть развита для проведения летней учебной практики студентов разных специальностей по геодезии. Пункты съемочной сети использовались при проведении учебной геодезической практики 2014-15 учебного года у студентов различных школ ДВФУ.

В летний период 2014 и 2015 годов на создаваемом Учебном геодезическом полигоне (УГП) ДВФУ прошли учебную практику по геодезии около 600 студентов разных специальностей.

Во втором, научном блоке кафедра ГЗУиК ИШ с 2007 года проводит научно-исследовательские работы на геодинамическом полигоне, который войдет в состав создаваемого Комплексного учебно-научного геодезического полигона «Островной». Геодинамический полигон располагался на островах Попова, Рейнеке, Рикорда, а с 2014 года расширился на территорию острова Русский.

В 2014 году были выполнены работы по рекогносцировке и закреплению на местности на территории острова Русский 4-х новых геодезических пунктов геодинамического полигона. Летом в 2014 и 2015 годах коллективом преподавателей и студентов старших курсов кафедры ГЗУиК ИШ ДВФУ продолжены научные исследования в виде геодезических спутниковых измерений на архипелаге императрицы Евгении - островах Русский, Попова, Рейнеке и Рикорда.

*S. Golikov, I. Mayorov, V. Urusov (С.Ю. Голиков,
И.С. Майоров, В.М. Урусов)*

FEFU, Vladivostok

**JUSTIFICATION OF THE INTERDISCIPLINARY PROJECT
FOR PRESERVATION OF NATURE AT PETROV ISLAND (SEA OF
JAPAN) (ОБОСНОВАНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПРОЕКТА
ПО СОХРАНЕНИЮ ПРИРОДНОГО ФОНДА ОСТРОВА ПЕТРОВА
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ))**

Аннотация

Рассматриваются проблемы разработки междисциплинарного проекта по сохранению природного фонда о. Петрова (Японское море), динамики субклимаксовых экосистем острова, населённого в неолите – начале первого тысячелетия н.э., сохранившиеся сложные экосистемы с доминированием тиса остроконечного *Taxus cuspidata*. Обосновывается утверждение о существовании особо щадящего сложные леса, даже восстанавливающего *Taxus cuspidata* природопользования как минимум 4 тыс. л.н.

Парижской международной конференцией по высшему образованию «Всемирной декларации о высшем образовании для XXI века: подходы и практические меры» (1998) было предложено использование в современном образовании междисциплинарного подхода в решении сложных социально-экономических проблем общества, так и в организации и проведении научных исследований. В России эта декларация вошла в перечень документов экспертно-аналитического сопровождения правового обеспечения модернизации общего и профессионального образования, управления качеством и доступностью образовательных услуг в рамках Федеральной целевой программы развития образования на 2011-2015 годы (Вербицкий, Ларионова, 2009). Особенностью использования в современном образовании междисциплинарного подхода в России обусловлено необходимостью интегрировать и переносить достижения различных областей знаний для подготовки специалистов, которые сумеют обеспечить реализацию подъема экономики, в свете идей Экологической доктрины России. При всех достоинствах многочисленных специальностей необходимо особенно выделить значимость инженерного направления, подготавливающего специалистов, способных практически реализовать современные идеи экологической переориентации всего механизма хозяйственно-

вания. Для студентов инженерных направлений подготовки междисциплинарный подход поможет в изучении курсов профессионального цикла, показывающий целостность науки и ориентирующий на понимание процессов, происходящих в окружающем мире, а также помогающих проблем общества, так и в организации и проведении научных исследований. Основой междисциплинарного подхода является создание теоретической научной базы знаний, синтезирующей фундаментальные, социальные и экономические науки, для решения актуальнейших проблем - т.н. «вызовов» современности. Таким образом, осуществляется целостный подход к изучаемому предмету как к системе, состоящей из множества взаимосвязанных элементов. Это помогает объединять специалистов разных направлений при решении конкретных проектов, которые могут способствовать развитию экономики с минимизированным экологическим ущербом. Рассмотрим применение этого подхода на примере одного из самых известных памятников природы в Приморье – острова Петрова. Описание природных особенностей острова нами дается по работе В.М. Урусова, И.С. Майоров И.С. и Л.И. Варченко (2015).

Остров Петрова находится на юго-востоке Приморья у берегов Лазовского района - $43^{\circ}54'$ с.ш. и $133^{\circ}40'$ в.д. – входит в Лазовский государственный заповедник и принадлежит к прибрежно-морским низкогорным ландшафтом одного из самых тёплых урочищ Приморья. Площадь острова 33га, он привлекает контрастом своих смешанных полидоминантных лесов с доминированием хвойных грандиозной величины, в особенности тиса, кедра, калопанакса, наличием исчезающих на материковом побережье граба сердцелистного, клёна ложнозибольдова, мелкоплодника ольхолистного, актинидий, а также ели Комарова, пихты белокорой. Тисово-можжевельново-мелкоплодниковые заросли скал уникальны.

Самая загадочная экосистема – тисовая роща у подножия западного склона с деревьями в основании до 80см в диаметре, высотой 12-14 м и в возрасте до 400 лет при наличии уникальных по толщине актинидий и лесного мака японского в живом напочвенном покрове. Тисовая роща производит впечатление возникшей на базе древних аллей из этого вида, не утративших общего направления посадки, после которой сменилось, вероятно, 3 поколения деревьев. Обилие тиса на о. Петрова объясняется (Кабанов, 1946) деятельностью птиц и человека, который начал осваивать остров в 8-12 вв. до н.э., оставив после себя ров и вал в северной части,

наконечники стрел, монеты, каменные кань для отопления, каменные обработанные плиты, колодец. По острову выполнены значительные археологические исследования, суть которых сводится к значительной продолжительности и разновозрастности довольно разнообразной человеческой деятельности непосредственно на острове. Эта деятельность связана в т.ч. со строительством укреплений, жилищ с разными отопительными системами, которые постепенно усложнялись от простого очага до г-образного камина с не менее чем двумя очагами. Занимались здесь и литьём металлов, восстановлением после пожаров не только жилья, но и природных экосистем, лесопосадками на завезённом грунте. Последнее вскрывается почвенными разрезами. Установлены 3 периода древних культур на о. Петрова: 1) неолитическая культура 7-4 тыс. л.н.; 2) культура бронзового века – это на о. Петрова 7-5 вв. до н.э. и совпадает с Янковской культурой на берегах залива Петра Великого Японского моря, датируемой 9-5 вв. до н.э., 3) кроуновский период, датированный 1 в. до н.э. – 1 в. н.э.

Что же касается датировки строительства древней дамбы, соединявшей о. Петрова с материком, то скорей всего она совпадала с близким к нашему времени низким стоянием моря в позднем голоцене: в суббореале около 3,7-4 тыс. л. н. уровень Мирового океана был ниже современного почти на 4м (рис. 1), как и в атлантике в его термических минимумах около 5 и 8 тыс. л. н., а непосредственно перед субатлантиком тоже в суббореале, но уже около 3 тыс. л. н. – на 2м.

По данным А.М. Короткого (2004), нашей реконструкции (2), обусловленных среднегодовыми температурами доминирующих ландшафтов (указана стрелками от соответствующих температурных маркёров) и 3 – колебание уровня моря в метрах (Петренко, 2004). Периодизация голоцена приведена по Н.А. Хотинскому (1977 и др.).

Рассмотрим и дендромаркёры человеческой деятельности: тис на о-ве в основном в возрасте 400-450 лет, но отдельные особи, видимо имеют и 800-летний возраст. В тисовой роще деревья высотой 12-14м, диаметром до 40см на высоте груди и до 80см у основания в возрасте около 400 лет и такого же возраста актинидия острая, диаметром у основания до полуметра. На основании нашего предположения о трех сменившихся здесь поколениях тиса осроконечного можно сделать вывод, что мы имеем дело с фактом ландшафтного проекта, завершившегося около 2000 л.н. Обилие ели, кедра, липы, мелкоплодника, калопанакса на обрывах и крутых скло-

нах северной части о. Петрова свидетельствует о локальности антропогенных влияний в течение всего голоцена. Вот на что мы предлагаем обратить внимание: перед нами не только стволы кедра корейского диаметром до 1,2м на высоте груди, но именно стройные, без искривлений на высоте сомкнутого полога крон вторичного древостоя как бывает при возобновлении преобладания хвойных во вторичных древостоях. Правомерны выводы; 1) 400-450 лет жизни этих кедров маркируют внутреннюю ситуацию целостной экосистемы субклимакса, т.е. полидоминантного хвойно-широколиственного леса; 2) предшествующий период связан с точно такой же экосистемой, в которой и появился самосев учтённых нами деревьев-долгожителей; 3) экосистема 450л.н. не пострадала от хозяйственной деятельности как самоцели.

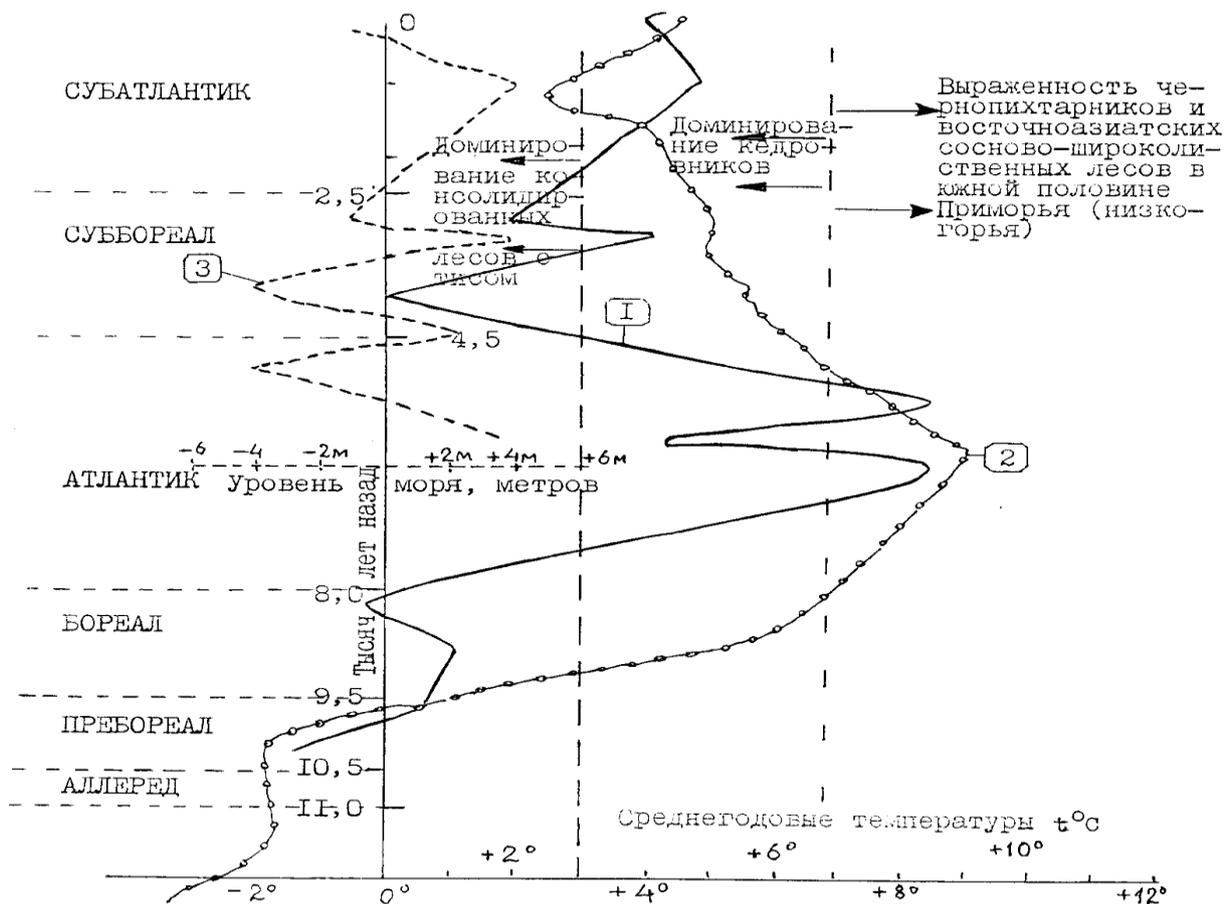


Рис. 1. Динамика среднегодовых температур воздуха в голоцене (Урусов, Майоров, Варченко, 2015).

Следовательно, антропогенные влияния здесь и в древности были щадящими, регулируемые учётом интересов леса и локализованными в пределах северной зоны контакта с поселением и непосредственно в его

северной части внутри стены-вала, где и выражены сейчас поляна и особенно широкая опушка из кустарников. А в целом перед нами феномен древней экологической культуры, однако, не распространившейся даже на соседний берег.

Современная растительность о. Петрова ультранеморально-неморальная с зримыми чертами консолидации сразу за супралиторальной полосой и особенно в северной и северо-западной привершинных частях, где достаточно заметно участие ели Комарова и берёзы шерстистой, а местами, на теневых обрывистых склонах доминируют (рис. 2).

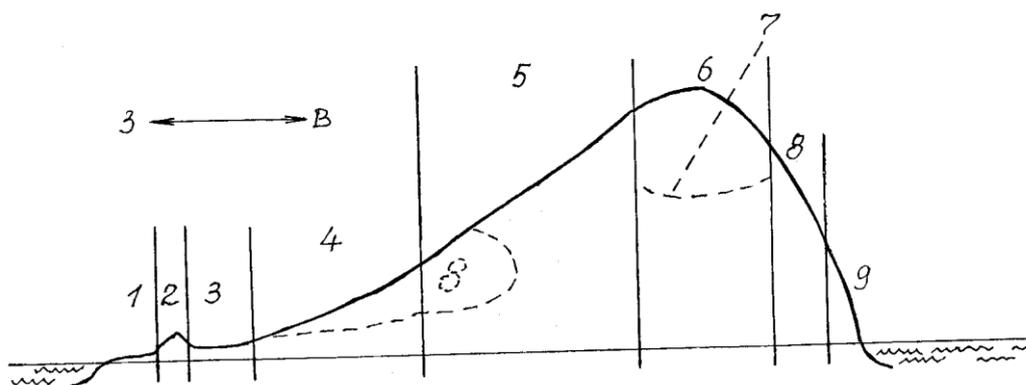


Рис. 2. Схема расположения основных ассоциаций растительности на о. Петрова у побережья Лазовского заповедника в Приморье (Урусов, Майоров, Варченко, 2015)

1 – травы и кустарники супралиторали, 2 – древесно-кустарниковая опушка отчасти совпадает с древней стеной – валом, 3 – тисовая роща, возможно, на месте древних аллей тиса остроконечного, 4 – липово-кедровый лес с грабом, 5 – кедрово-широколиственный лес с деревьями в возрасте до 450 лет, 6 – рододендроновый кедровник, 7 – елово-кедрово-широколиственный лес, 8 – дубняк рододендроновый, 9 – гмелинно-полынные с можжевельниками и ветровыми формами деревьев.

Нами рассмотрена проблема динамики лесных экосистем неолита, бронзового века, кроуновской культуры (7 тыс. л.н. – 1,9 тыс. л.н.). На побережье Приморья человеческая активность повсеместно вызывала деградацию лесов, потерю хвойных, в первую очередь *Taxus cuspidata*, *Pinus koraiensis* (Майоров, Урусов, 2008). И в то же время заселённый не позже, чем в неолите о. Петрова (следов древних жилищ не менее 30-40), где найдены самые древние в мире варианты отопительных канов и древнейшие на Дальнем Востоке следы литья металлов (Окладников, Бродянский, 1979) мог только по времени и только отчасти совпадать с кроуновской

культурой (первое тысячелетие до н. э. – начало 1-го тысячелетия н. э.), принадлежа другому народу. Потому что уцелевшие здесь экосистемы с участием и доминированием *Taxus cuspidata*, *Pinus koraiensis*, *Picea komarovii*, *Acer pseudosieboldianum*, *Allium ochotense* – к тому же со следами искусственного восстановления хвойных! – в Корее, Маньчжурии и на Дальнем Востоке у нас не имеют аналогов и более характерны Японии. Вполне вероятно, что не административное или культовое предназначение о. Петрова была причиной точечного экологического природопользования, а его военно-стратегическая роль в древности.

Представленная информация позволяет использовать ее для развития экологического, исторического, этнографического и образовательного видов туризма с привлечением специалистов разного уровня и разных направлений и может послужить основой для разработки междисциплинарного проекта в области ресурсо-эффективных технологий и устойчивого развития по сохранению природного фонда о. Петрова (Японское море).

Литература

1. А.А. Вербицкий, О.Г. Ларионова. Личностный и компетентностный подходы в образовании: проблемы интеграции. М.: Логос, 2009. – 336 с.
2. Кабанов Н.Е. Растительность о. Петрова // Бюлл. МОИП. Отд. биолог. 1946. Т. LI. Вып. 4-5. С. 146-154.
3. Майоров И.С., Урусов В.М. Уроки эколого-экономических просчетов в контактной зоне глобального уровня // Российский научный журнал «Экономика и управление». СПб., 2008. № 5 (37). С. 35–39.
4. Окладников А.П., Бродянский Д.Л. Древние поселения на острове Петрова // Археология Южной Сибири. Межвуз. сборн. науч. работ. Кемерово: КГУ, 1979. С. 3-13.
5. Петренко В.С. Изменение береговой линии Приморья в пространстве и времени // Гидрометеорологические и географические исследования на Дальнем Востоке. Матер. 5-й юбилейной науч. конф. Владивосток: ДВГУ, 2004. С. 98-100.
6. Пшеничникова Н.Ф. Почвы острова Петрова и сопредельного материкового побережья (Приморский край) // Исследование и конструирование ландшафтов Дальнего Востока и Сибири. Вып. 5. Владивосток: ДВО РАН, 2001. С. 93-102.
7. Урусов В.М., Майоров И.С., Варченко Л.И. Древнейшие модели адаптивного природопользования и флористико-экологический феномен

острова Петрова (Японское море, Приморье)". Электронный журнал "Природа России". Раздел I. ООПТ 2015, июнь, <http://biodat.ru/doc/lib/mayorov1.pdf>

V. Kryukov (В.А. Крюков)

Tula State University, Tula

**SOME ERRORS IN THE IDENTIFICATION AND USE OF THE TERMS OF THE THEORY OF MECHANISMS AND MACHINES
(НЕКОТОРЫЕ ОШИБКИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕРМИНОВ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН)**

Аннотация

В работе рассмотрено современное состояние терминологии теории механизмов и машин. Проанализированы основные ошибки, допускаемые при построении терминосистемы и дефиниций, а также использовании терминов теории механизмов и машин.

Одним из основных условий успешного развития любой отрасли деятельности человека, особенно науки и техники, является точная передача информации. Обмен научной информацией предполагает наличие отправителя информации, получателя информации и обязательное промежуточное звено – сообщение, содержащее эту информацию. Точность и полнота восприятия информации получателем в значительной степени определяются используемой терминологией.

Работа по совершенствованию и стандартизации терминологии началась практически одновременно с созданием соответствующих наук и идет параллельно с их развитием. В СССР для упорядочивания работы в области технической терминологии в 1933 г. была создана комиссия по технической терминологии при Общем собрании АН СССР. С 1933 по 1990 гг. было выпущено 110 терминологических сборников, 7 из которых были посвящены терминологии теории механизмов и машин. Начало работы в 1971 г. постоянной комиссии по стандартизации терминологии при Международной федерации по теории машин и механизмов (IFTоММ) привело к активизации терминологической деятельности в области теории

механизмов и машин, созданию нескольких версий печатного и интерактивного терминологического словаря. Появилось большое число статей, посвященных анализу терминологической работы, планированию и организации этой работы, анализу терминосистемы теории механизмов и машин и её отдельных разделов [1-3].

Несмотря на такое внимание к проблемам терминологии и большую работу по её упорядочиванию и стандартизации существующая терминология по теории механизмов и машин вызывает ряд критических замечаний. Причем одновременно наблюдается и другая тенденция – рост числа ошибок при использовании терминов. Так исследования, проведенные в Англии в 2013 г., показали, что многие выпускники университетов в области естественных наук не могут дать достаточно четкие определения основным научным терминам: «факт», «гипотеза», закон» и т.д. [4]. И если ошибки при использовании терминов в основном можно объяснить субъективной причиной - наличием недостатков в образовании, то несовершенство терминосистем конкретных технических наук, в том числе и теории механизмов и машин, вызывается как субъективными, так и объективными причинами: нерешенностью ряда теоретических проблем терминоведения; отставанием терминологии от развития науки и техники; существованием различных научных школ; «разномыслием педагогов»; параллельным развитием научных и технических терминосистем; использованием «стихийно сложившихся» терминов; использованием понятий с размытым объемом; использованием профессиональных жаргонизмов; недостаточным уровнем гармонизации терминов; недостаточным уровнем межотраслевой связи; отсутствием системного подхода.

Целью данной работы является анализ типовых ошибок, допускаемых при дефиниции и использовании терминов теории механизмов и машин.

Исходной теоретической основой для формирования системы понятий определенной науки и соответствующей терминосистемы служит логика. Основной операцией при образовании понятия является дефиниция – логическая операция раскрытия содержания понятия, которая должна удовлетворять ряду требований [5]:

– определение должно содержать только существенные признаки – такие, каждый из которых, взятый отдельно, необходим, а все, вместе взя-

тые, достаточны, чтобы с их помощью можно было отличить данный предмет из всех остальных и обобщить однородные предметы в класс;

- определение должно быть соразмерным, т.е. объемом определяемого понятия должен совпадать с объемом определяющего понятия;

- определение не должно содержать логического круга;

- определение должно быть четким, явным.

Основными логическими операциями для построения системы терминов конкретной науки на основе базовых терминов служат деление понятий и классификация – последовательное деление. Основные правила деления: деление должно быть соразмерным; деление должно производиться только по одному основанию; члены деления должны исключать друг друга; деление должно быть непрерывным.

Многочисленные работы ученых в области общего и частного терминоведения позволили сформулировать дополнительные требования как к самим терминам, так и к построению их определений:

- в любом контексте при замене термина его определением истинность и содержание суждения не должны нарушаться;

- в определении не допускается использовать отрицательные, неясные, нечеткие признаки. Признак, связанный с количественной характеристикой объекта, процесса, состояния может быть введен в определение лишь на правах сопутствующего, а не конституирующего;

- при определении термина необходимо использовать либо ранее определенные термины, либо принимаемые как общеизвестные;

- необходимо избегать синонимии и омонимии;

- термины должны соответствовать нормам языка;

- при построении терминосистемы необходимо учитывать внедренность, интернациональность, современность, и эзотеричность терминов.

Одним из обязательных требований при построении терминосистемы является систематизация понятий, построение их иерархической структуры и соответствующая группировка. При отборе понятий необходимо также учитывать, что в конкретной науке, кроме специфических понятий для данной области знаний могут использоваться понятия, одновременно рассматриваемые в смежных областях, и понятия, принадлежащие к общетехническим, общефизическим и другим системам понятий. В этом случае недопустимо переопределение таких терминов, изменение объема или содержания соответствующих понятий.

В качестве источников при анализе существующей терминологии использовались сборники рекомендуемых терминов комитета научно-технической терминологии АН СССР, интерактивный терминологический словарь ИТoMM, отечественная учебная литература. Наиболее авторитетным и полным словарем терминов по теории механизмов и машин является электронный словарь, разработанный комиссией по стандартизации терминологии ИТoMM, последняя версия которого [6] содержит 1829 терминов в 16 разделах, разбитых в свою очередь на 49 подразделов. Такое резкое расширение объема терминосистемы (для сравнения сборник рекомендуемых терминов 1978 г. [7] содержал только 137 терминов, разбитых на 5 групп) привело к ряду ошибок.

На наш взгляд, весьма спорным является включение в терминосистему теории механизмов и машин раздела «Подъемно-транспортное оборудование и логистика». Если подъемно-транспортные машины относятся к классу машин, хотя и отраслевых, то транспортная логистика имеет дело не с механикой, машинами, механизмами, а с «планированием, координацией и контролем функций оперативного управления транспортной системой». И совершенно необоснованно на наш взгляд включение в терминосистему теории механизмов и машин таких терминов, как: «14.5.1 Логистическая цепь (система снабжения) – система организаций, людей, технологий, производственных операций, информации и ресурсов, обеспечивающая перемещение продукции или услуг от производителя к потребителю», «14.5.10. Поддон (паллета) – грузовая единица в виде платформы», «14.5.31. Грузополучатель – физическое или юридическое лицо, уполномоченное принимать товар», «14.5.27. Передатчик – устройство для трансляции передаваемого радиосигнала с целью обмена информацией», «14.1.5. Груз (фрагт) – товары или материалы, перемещаемые посредством транспортных средств», «14.1.28. Габарит – контур, через который должен проходить железнодорожный подвижной состав с грузом, имея в виду ограничения в туннелях и на железнодорожных перегонах» и ряда аналогичных.

Не имеют практической ценности использованные в этом разделе определения: «14.4.23. Автоматически управляемое транспортное средство – автоматически управляемое или автоматическое транспортное средство», «14.5.3. Изменение (транспортной моды) – изменение транспортной моды», «14.5.25. Первое (последнее) место хранения (грузовой

единицы) – первое (последнее) место хранения: термин, используемый для обозначения места хранения грузовой единицы».

Определения включенных в словарь общезначимых и общетехнических терминов в ряде случаев не только не соответствуют общепринятым, но и содержат явные ошибки. Так например, термин «2.2.9. Скорость» определяется как «производная *перемещения* по времени». Первая ошибка – в качестве основного признака использовано понятие, связанное с количественной характеристикой. В дефиниции используется термин «2.2.6. Перемещение», определяемый как «изменение положения тела относительно неподвижной системы отсчета». Указание на неподвижную систему отсчета противоречит термину «2.2.11. Относительная скорость». Термин «изменение» в словаре не определен. В русском языке существительное «изменение» толкуется как происходящее от глагола «изменить – сделать иным, т.е. речь идет о качественном понятии, не имеющим четкого количественного выражения, а, следовательно, производная в этом случае не может быть определена. На самом деле в теоретической механике термин «перемещение» определяется как «вектор, соединяющий положение движущейся точки в начале и в конце некоторого промежутка времени».

В заключение рассмотрим несколько типовых ошибок, допускаемых при использовании терминов в учебной литературе. Приведенное ниже выражение, содержащее ряд ошибок, не является дословной цитатой, а собрано из нескольких учебных пособий: «Кривошип 1 кривошипно-шатунного механизма вращается вокруг т. *O*. Линейная скорость кинематической пары *A* определяется по формуле ...». Движение тела вокруг неподвижной точки называется сферическим движением, а кривошип совершает вращательное движение. Термин «линейная скорость» в механике отсутствует, правильный термин – «скорость точки». Кинематическая пара не может являться точкой, поэтому использовать термин «скорость» в применении к кинематической паре неправомерно. Термин «кривошипно-шатунный механизм» является устаревшим, в настоящее время используется термин «кривошипно-ползунный механизм».

Литература

1. Boegelsack G. Twenty-five Years IFToMM Commission A “Standardization of Terminology” - history, methodology, results and future work // Mech. Mach. Theory. – 1998. – Vol. 33. – N 1/2. – P. 1-5.

2. Крюков В.А. Некоторые аспекты исторического развития основных понятий теории механизмов и машин. // Управляемые вибрационные технологии и машины: сб. науч. ст. – Ч. 1. – Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2012. – С. 40-48.

3. Теория механизмов и машин. Терминология / Н.И. Левитский [и др.]; под ред. К.В. Фролова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 80 с.

4. Williams J.D. “It’s just a theory”: trainee science teachers’ misunderstandings of key scientific terminology // Evolution: Education and Outreach. – 2013. – 6:12.

5. Философия математики и технических наук / С.А. Лебедев [и др.]: под общ. ред. проф. С.А. Лебедева. – М.: Академический проект, 2006. – 779 с.

6. IFToMM dictionaries online. Version 3.1 – May 2014. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.iftomm-terminology.antonkb.nl> (дата обращения 11.04.2016). (5)

7. Теория механизмов и машин. Терминология. Вып. 93. – М.: Наука, 1978. – 33 стр.

8. Теоретическая механика. Терминология. Вып. 102. – М.: Наука, 1984. – 46 стр.

V. Kuzlyakina (В. В. Кузлякина)

FEFU, Vladivostok

**MODERN MACHINERY MECHANICS IS THE
FUNDAMENTALIZATION BASIS IN THE ENGINEERING
EDUCATION (СОВРЕМЕННАЯ МЕХАНИКА МАШИН – ОСНОВА
ФУНДАМЕНТАЛИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ)**

Аннотация

Поставлена проблема современного понимания фундаментализации инженерного образования. Современная механика машин – это совокупность классической механики, которая создавалась на протяжении нескольких веков великими учёными мира, современного математического моделирования и современных средств расчётов и экспериментов. В осно-

ве инженерного образования должно быть положено глубокое изучение современной механики машин, не как набор отдельных дисциплин: технология металлов, сопротивление материалов, теоретическая механика, теория механизмов и машин, детали машин и основы конструирования, а как интегральная система взаимосвязанных знаний и практических умений на основе выполнения конкретных проектных заданий (учебного проектирования).

Вопросы инженерного образования и качества подготовки технических специалистов подробно обсуждались на Заседание Совета при Президенте по науке и образованию 23 июня 2014 года. «Качество инженерных кадров становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности государства и, что принципиально важно, основой для его технологической, экономической независимости» - Путин В. В. [3]. «Отвечает ли современная вузовская система обучения современным представлениям об инженерере? Скорее всего, нет. Состояние инженерного образования в России сегодня можно оценить как хаотичное, и, наверное, это многим очевидно. Его хаотичность выражается, прежде всего, в разноречивости методик обучения общеинженерным дисциплинам» - Каменский В. [1]. С автором трудно не согласиться.

Стандартный массовый характер обучения (неиндивидуализированное образование) не соответствует потребностям 21 века. Современный бизнес нуждается в квалифицированных творческих работниках. Между тем возникла опасная тенденция снижения знаний по точным наукам, прежде всего по школьной программе и, как следствие, по программам среднего и высшего профессионального образования: математике, физике, начертательной геометрии, сопротивлению материалов, теоретической (прикладной) механике, теории механизмов и машин (ТММ), деталей машин и основ конструирования (ДМ и ОК) и соответственно по специальным дисциплинам. Имеет место противостояние (противоречие) между новыми средствами и традиционными технологиями обучения. Тогда как развитие промышленности, курс на модернизацию производства требуют применения новых технологий и в образовании.

Современное производство нацелено на автоматизацию всех процедур: от идеи объекта до его изготовления, эксплуатации и утилизации [2]. Эта же стратегия должна закладываться и в инженерное образование [4]. Основные принципы организации современного инженерного образования:

- применение компьютерных технологий обучения во всех учебных процедурах и во всех дисциплинах учебного плана;
- объектами курсового (учебного) проектирования должны быть механизмы, системы и технологические процессы будущей профессиональной деятельности;
- реализация сквозного проектирования от дисциплины теория механизмов и машин до дипломного проектирования и научной работы в дальнейшем для наиболее подготовленных выпускников;
- применение профессиональных пакетов в учебном проектировании;
- применение компьютерно-механических комплексов;
- использование современных систем тестирования, исключающих возможность угадывания.

Важное значение имеет согласованность учебных программ всех дисциплин учебного плана образовательных программ с целью реализации преемственности дисциплин. Недопустимо, когда, например, курс ТММ ведётся после изучения дисциплины ДМиОК, курсы материаловедения и технологии машиностроения после курса Прикладная механика или ДМиОК. К сожалению, имеет место различные формулировки классических законов механики, различные обозначения физических величин. Можно считать удачным примером реализации преемственности дисциплин: дополнительные главы теоретической механики (ДГТМ), теории механизмов и машин (ТММ) и Проблемы динамики и прочности машин (ПД и ПМ) в образовательной программе по направлению Механика и математическое моделирование механических систем и технологических процессов. Первые две дисциплины изучаются на 2-ом и 3-ем курсе бакалавриата, а курс ПД и ПМ на 1-ом курсе магистратуры.

Присоединение многих стран к Болонской конвенции по образованию, развитие современных компьютерных технологий обучения открывают новые возможности для интеграционных процессов и в инженерном образовании. Налаживаются контакты между вузами, желающими производить обмен студентами и преподавателями для прохождения практики, совместных исследований, осуществления двусторонних научных проектов.

Однако в пылу «инновационных преобразований» в угоду не совсем корректной политике министерства образования начались реорганизации многих Вузов: несколько университетов объединили в крупные - федеральные, несколько факультетов - в институты в рамках одного университета, кафедры укрупнять, объединяя часто несочетаемые дисциплины. К сожалению, «хотели как лучше, а получилось как всегда». Результатом

таких новаций стало ухудшение инженерного образования, уничтожение его фундаментальной составляющей.

Вопросу развития образования в целом и инженерного образования в частности уделяется очень много внимания (к сожалению, в основном на словах). Очень правильно говорит президент страны Путин В. В. и послушно вторят ему чиновники всех уровней. Однако реально на местах, в каждом конкретном вузе чиновники послушно исполняют подчас нелепые указания вышестоящих организаций. Министерство образования и науки постоянно критикуют, но... положение в образовании особенно в инженерном только ухудшается. Вместо реальных реформ, направленных на повышение качества образования, идёт поток различных указаний по созданию различных программ, форм отчётности и других бумаг.

Стандарты нового поколения усугубили этот процесс: во многих образовательных программах уменьшили количество аудиторных занятий по дисциплинам: теоретическая механика, теория механизмов и машин, сопротивление материалов, детали машин и основы конструирования, а из некоторых программ курс теория механизмов и машин изгнали вообще. Убрали из этих дисциплин курсовое проектирование: сначала заменили курсовые проекты курсовыми работами, затем расчётно-графическими работами, а позже и вовсе убрали. Тогда как «основой инженерного образования должны стать теоретический проект на базе существенно реформированного курса "Теория механизмов и машин", а также конструкторский и технологический проекты по курсам "Детали машин" и "Технология машиностроения". Усвоение навыков выполнения всех трех проектов может дать будущим творцам новых машин и технологий необходимую профессиональную квалификацию. Общетехнические инженерные проекты должны стать тем основным фундаментом, на который могут быть положены и другие "кирпичики" инженерного образования. Это такие дисциплины, как вычислительная математика, теоретическая механика, сопромат и т. д., которые, к сожалению, преподаются в отрыве от общетехнических дисциплин. С другой стороны, тематика общетехнических проектов должна формироваться с учетом специальных проектов, выполняемых на старших курсах» - Каменский В. [1].

Особенно печально, что после «укрупнения» кафедр во многих Вузах исчезли традиционно общепрофессиональные инженерные кафедры: Теория механизмов и машин, Детали машин и основы конструирования,

Теоретическая механика и другие. Эти фундаментальные дисциплины теперь разбросаны по разным выпускающим кафедрам. Задачи выпускающих кафедр и общепрофессиональных совершенно разные и такие преобразования нельзя назвать продуктивными.

В рамках конференции хотелось бы рассмотреть и принять решения по важным проблемам инженерного образования:

- применение комбинированных технологий преподавания инженерных дисциплин;
- рациональное соотношение между видами занятий: лекции, практика, лабораторные работы, учебное проектирование, самостоятельная работа;
- повышение квалификации преподавателей общепрофессиональных инженерных дисциплин.
- преемственность дисциплин: математика - теоретическая механика – теория механизмов и машин – детали машин и основы конструирования – специальные дисциплины;
- применение систем автоматического проектирования – как одного из элементов современной методики преподавания инженерных дисциплин.

Современная механика машин – это совокупность классической механики, которая создавалась на протяжении нескольких веков великими учёными мира, современного математического моделирования и современных средств расчётов и экспериментов. В основе инженерного образования должно быть положено глубокое изучение современной механики машин, не как набор отдельных дисциплин: технология металлов, сопротивление материалов, теоретическая механика, теория механизмов и машин, детали машин и основы конструирования, а как интегральная система взаимосвязанных знаний и практических умений на основе выполнения конкретных проектных заданий (учебного проектирования).

Объективные научные законы механики, которые лежат в основе этих дисциплин, являются общими для всего мирового сообщества. Научное, методическое и технологическое обеспечение инженерных дисциплин в разных странах имеют свои особенности. В одной стране - высокие научные достижения, в другой - замечательные методические находки, в третьих странах - хорошее экспериментальное обеспечение. Целесообразно объединить лучшие достижения. Это может служить основой интеграции научного, методического и технологического потенциала для создания современных средств обучения применимых в различных странах [5].

Литература

1. Каменский В., Три проекта. Взгляд на инженерное образование в России. Электронный ресурс: <http://www.nkj.ru/archive/articles/9678/>
2. Кузлякина В. В., Комплексная система автоматизации производства, технической эксплуатации и утилизации машиностроительных объектов, Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы», Казань, 2013.
3. Стенографический отчёт о заседании Совета при Президенте по науке и образованию, Электронный ресурс: <http://kremlin.ru/events/president/news/45962>
4. V.V. Kuzlyakina, Modern Tools and Technology of Teaching Mechanics, Proceedings of the International symposium on dynamics and control (isdс 2011), Hanoi -Vietnam, 2011.
5. V.V. Kuzlyakina, Integration processes in engineering, Proceedings of the 1st International symposium on the education in mechanic and machine spiense, Madrid, Spain, 2013.

N. Kuznetsov (Н.К. Кузнецов)

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk

**ON NECESSARY ENHANCEMENT OF THE LEVEL OF
ENGINEERING EDUCATION IN FUNDAMENTAL DISCIPLINES (О
НЕОБХОДИМОСТИ УСИЛЕНИЯ УРОВНЯ ИНЖЕНЕРНОЙ
ПОДГОТОВКИ ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ)**

Аннотация

В докладе анализируются проблемы, связанные с состоянием подготовки бакалавров и магистров технических университетов по естественно-научным и общеинженерным дисциплинам. Показывается, что в течение того времени, что отводится Федеральными образовательными стандартами высшего образования на обучение бакалавров, к тому же с заметно ослабленной школьной подготовкой, нет возможности подготовки полноценных инженеров, а магистранты, проходящие обучение по сокращенным программам, мало чем отличаются от них по уровню подготовки по естественно-научным и общеинженерным дисциплинам. Обсуждаются

возможные пути повышения уровня подготовки бакалавров по этим дисциплинам.

В современных условиях, когда новые информационно-коммуникационные технологии изменяют технологическую парадигму, возникает необходимость совершенствования системы Российского высшего образования, поскольку существующий уровень профессиональной инженерной подготовки не удовлетворяет требованиям работодателей, что уже привело многие предприятия к кадровому голоду. К современным трендам развития образования следует отнести внедрение инновационной модели образования, ориентированной на максимальное развитие творческих способностей и создание сильной мотивации к саморазвитию человека на основе добровольно избранной «образовательной траектории» и области профессиональной деятельности [1]; использование онлайн-форматов и сетевых форм обучения [2]; переход от «образования на всю жизнь» к «образованию в течение всей жизни» [3] и т.д. Проблема заключается в необходимости обеспечения такого уровня базового инженерного образования, которое давало бы необходимые компетенции для создания новых технологий, материалов и оборудования. В настоящем докладе излагаются некоторые пути обеспечения инженерного уровня подготовки в условиях действия «Болонской» системы обучения.

Цели развития образования, как известно, должны определяться т.н. «дорожной картой», утвержденной распоряжением Правительства РФ № 722-з от 30.04.2014г. и Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, в которой определены следующие приоритетные задачи развития образования: модернизация институтов образования как инструментов социального развития, т.е. формирование через систему образования общественных отношений, наиболее благоприятных для развития каждого человека и страны в целом, развитие гражданского общества; обеспечение инновационного характера базового образования, т.е. обновление образовательных программ и технологий на всех уровнях, создание новых организационно-финансовых механизмов и возможностей для достижения новых результатов, реализации гибких индивидуальных образовательных программ; создание современной системы непрерывного образования, подготовки и переподготовки кадров, т.е. обеспечение гражданам возможности

учиться и переучиваться в течение всей жизни, оставаясь успешными на рынке труда; формирование механизмов оценки качества и востребованности образовательных услуг с участием потребителей, т.е. создание механизмов обратной связи с обществом.

В этой Концепции предполагается, что образование должно быть ориентировано не столько на передачу знаний, которые постоянно устаревают, сколько на овладение базовыми компетенциями, позволяющими затем, по мере необходимости, приобретать знания самостоятельно. Естественно для реализации этих задач нужны средства, в противном случае образование будет продолжать находиться в режиме постоянных реформ, когда меняется все: цели, законы, правила, концепции, но не меняется главное – качество самого образования. Без выделения соответствующих материальных ресурсов сложно сделать оптимистичный прогноз развития инновационного образования.

В качестве основной цели высшего образования в принятой Концепции предполагается подготовка специалистов мирового уровня. На первый взгляд "мировой уровень образования" подразумевает, что специалист с таким образованием может легко устроиться на работу в компанию международного уровня и достичь определенных карьерных успехов. При этом многие выпускники вузов РФ, в том числе и нашего университета, уехав за рубеж, зачастую устраиваются в крупные компании и успешно там работают. Это значит, что базовое инженерное образование в России, в целом, соответствует международному уровню и многое зависит не столько от уровня полученного образования, а от получателя знаний и условий их применения.

Поэтому, в первую очередь, необходимо думать о том, чтобы обеспечить такие условия и востребованность выпускников вузов именно в нашей стране. На основе анализа рынка труда, в первую очередь, в каждом конкретном регионе возможно понадобится пересмотр и расширение перечня образовательных программ технических университетов. Кроме того, учитывая то обстоятельство, что выпускники вузов зачастую не имеют возможностей приложений своих знаний и способностей, одной базовой подготовки становится недостаточно. Для привлечения наиболее толковых выпускников школ и обеспечения их востребованности российскими компаниями, представляется целесообразным, на мой взгляд, рассмотреть возможность организации в технических университетах парал-

лельного обучения бакалавров второй специальности, например, экономической, юридической или языковой, по сокращенным формам.

В течение того времени, что отводится Федеральными образовательными стандартами высшего образования на обучение бакалавров, к тому же с заметно ослабленной школьной подготовкой, нет возможности подготовки полноценных инженеров. Магистранты, проходящие обучение по сокращенным программам, мало чем отличаются от бакалавров и также являются недоучками из-за низкого уровня подготовки по естественно-научным и общеинженерным дисциплинам. И в этом плане они даже уступают инженерам прежней формы обучения. В связи с низким уровнем школьной подготовки многих абитуриентов особое внимание следует уделить вопросам дополнительного обучения студентов первого курса основам геометрии, тригонометрии, математики и физики по школьным программам.

Кроме того, необходимо навести порядок в учебных планах технических университетов в вопросах, касающихся преемственности и последовательности распределения естественно-научных, общеинженерных и специальных дисциплин по семестрам, исключив параллельное, а иногда и «запоздалое» изучение взаимосвязанных предметов, а для повышения эффективности обучения и ответственности преподавателей за его результаты необходимо организовать на кафедрах общепрофессиональных дисциплин систему входного контроля остаточных знаний, полученных при изучении дисциплин математического и естественно-научного цикла, а на выпускающих кафедрах – систему контроля остаточных знаний, полученных при изучении общепрофессиональных дисциплин. Для обеспечения высокого уровня преподавания естественно-научных и общеинженерных дисциплин необходимо организовать разработку показательных (типовых) презентаций по этим дисциплинам с обязательным их применением молодыми преподавателями в своей работе.

В связи с уменьшением времени обучения бакалавров, по сравнению со специалистами, и необходимостью обеспечения инженерного уровня их подготовки предлагается организовать разработку и внедрение в учебный процесс автоматизированных систем курсового проектирования по общеинженерным дисциплинам.

Отдельное внимание необходимо уделить вопросам дополнительной подготовки магистрантов, проходящих обучение по сокращенным

программам бакалавриата, естественно-научным и общеинженерным дисциплинам за счет, например, дисциплин гуманитарного цикла.

Литература

1. Мартынов В. Рынок невозможен, если университеты не станут центром инноваций (http://hightech.fm/2016/03/15/vlad_martynov3).
2. Дмитрий Песков. «Профессии будущего. Логика НТИ» (<https://m.youtube.com/watch?v=YC4MW18Imso>).
3. Тихомирова Н.В. «Современный университет: новые вызовы и возможности» (<http://fr.slideshare.net/NTIhomirova/ss-36825770>)

T. Nechay, T. Gerasimenko, A. Gerasimenko, V. Roganov (1 Т.А. Нечай, 2Т.А. Герасименко, 2 А.В. Герасименко, 3 В.Р. Розанов)

¹Lugansk Taras Shevchenko National University, Lugansk

²FEFU, Vladivostok

³Penza State Technological University, Penza

IMPROVING THE OPERATIONAL PLANNING OF THE SHUNTING WORK ON WAYS OF UNCOMMON USE (УЛУЧШЕНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЫ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ)

Аннотация

Рассмотрены проблемы, возникающие при планировании маневровой работы на промышленном железнодорожном транспорте, а также предложены способы их решения. Выявлена и обоснована необходимость разработки автоматизированного программного комплекса, который позволит объективно оценить оперативную обстановку и выбрать наиболее подходящий вариант ведения маневровой работы.

Описаны основные задачи и методы оптимизации, которые применяются в разрабатываемом программном продукте, а также обоснована их важность и необходимость. Объединение существующих методов улучшения маневровой работы с новыми предложениями в одном программном комплексе позволит получить удобный инструмент для помощи диспетчеру в оперативном планировании, а также выявлении узких мест, улучшит качество работы.

Оперативное планирование производства маневровой работы на подъездных путях является сложной многофакторной задачей. До последнего времени с научной точки зрения она рассматривалась как труднодостижимая цель, а затраты на ее решение были несопоставимы с предполагаемой прибылью от этого. Стремительное развитие информационных систем и технологий в последние 10 лет достигло того уровня, который может позволить решать эту сложную проблему с учетом ключевых и дополнительных факторов и с меньшими затратами, по сравнению с предыдущими исследованиями. Именно создание программных комплексов, моделирующих процессы на транспорте, коренным образом способны улучшить планирование работ, сократить расходы и помочь промышленному железнодорожному транспорту выйти на новый уровень развития [1].

Анализ зарубежных [2,3] и отечественных работ [4,5,6,7] подтверждает необходимость разработки автоматизированного программного комплекса, который позволит качественно планировать ведение маневровой работы вместе с технологическим процессом.

В ходе анализа ключевых факторов, влияющих на эффективность маневровой работы, были выделены следующие задачи оптимизации:

– должны быть учтены радиусы и уклоны путей, на которых производятся маневры, а также существующие ограничения скорости, действующие для них. Это возможно путем применения тяговых расчетов.

– на подъездных путях с густой разветвленной сетью существует несколько вариантов следования маневрового состава из одной точки в другую. Предлагается внести возможность поиска лучшего маршрута, критериями которого выступает минимальное число стрелочных переводов на пути следования и минимальное затраченное время при этом.

– учет интенсивности выполнения маневровой работы, т.е. режимов движения при маневрах. Известно, что наиболее экономичными режимами ведения работы является ведение ее на 4-5 позиции контроллера, при этом расход топлива минимальный. Чтобы учесть этот фактор, нужно ввести понятие резерва времени и производить поиск решение с его учетом. Таким образом, при имеющихся резервах времени можно выполнять работу дольше, при этом укладываясь в имеющийся резерв, и получать экономию топлива.

- учет типа маневрового полурейса, так как это тоже является одним из отличий работы на подъездных путях. В основном работа выполняется с использованием режима РТ (разгон - торможение), РУТ (разгон – движение с установившейся скоростью – торможение), так как полурейсы короткие. Учет типов полурейсов позволит получить сведения относительно использования других режимов, и в дальнейшем применить эти решения на практике.

Чтобы найти время маневровой работы, нужно смоделировать ситуацию, включить сюда все данные о составе, о характеристике путей, на которых будет производиться работа, плане маневров в этом случае[8].

Основными модулями работы программного комплекса являются следующие: графический редактор, построитель графа подъездных путей и модуль автоматизированных тяговых расчетов (рис.1.1).

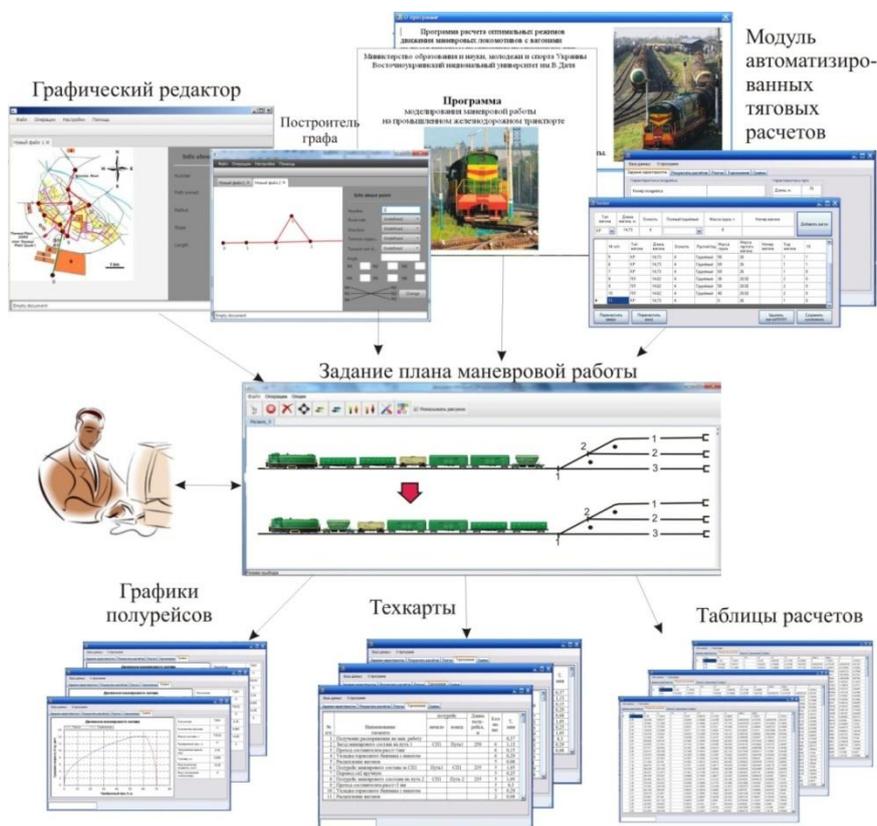


Рис. 1.1. Схема работы программного комплекса

Основная идея метода улучшения планирования маневровой работы на путях необщего пользования заключается в объединении имеющихся решений многих задач в одном программном комплексе, позволяющего автоматизировать планирование работы путем ее моделирования. Для

осуществления этой задачи были выделены основные ключевые моменты, реализация которых позволила перейти к поставленной цели.

Во-первых, был разработан построитель схемы станции, который позволил учесть профили путей и радиусы кривых участков. Это позволило также комплексу стать универсальным. После внесения параметров путей специальный алгоритм преобразует путевое развитие в граф. По данному графу было предложено проводить оптимизацию путем поиска безостановочных маршрутов движения и выбора минимального маршрута по времени движения.

Во-вторых, для автоматизации планирования в качестве эталона получения времени маневровой работы был выбран способ построения в виде технологической карты, где время полурейсов находится методом тяговых расчетов, а также учитывается время на дополнительные операции между полурейсами, с учетом вида выполняемой маневровой работы[9].

В-третьих, тяговые расчеты были автоматизированы в виде специального модуля, который также был увязан с проверкой возможности движения по маршрутам, определяемым по графу подъездных путей.

В-четвертых, был учтен тот факт, что на маневровый полурейс оказывает значительное влияние выбор режима работы. В случае наличия резерва времени выполняется тяговый расчет, преследующий цель минимизировать затраты топлива при маневровых полурейсах. В случае отсутствия резервов выполняется поиск по минимально затраченному времени на полурейс и выполнение маневровой работы на максимальной позиции контроллера.

В-пятых, представленный программный комплекс позволяет заранее определить время маневровой работы, а также скорректировать его в ходе выполнения при возникновении каких-либо факторов, препятствующих исполнить план в точности с рассчитанным вариантом.

Описанный метод должен в значительной мере улучшить качество планирования маневровой работы и выявить «узкие» места в данном процессе.

Литература

10. Wout van Wezel. Task oriented support for train shunting planning. People and Rail Systems: Human Factors at the Heart of the Railway. Aldershot : Ashgate, 2007. <http://www.bdk.rug.nl/organisatie/clusters/PSD/pdf/RailHumanFactors2005VanWezel.pdf>

11. Lentink, R.M., Fioole, P.J., Kroon, L.G. & Woudt, C. van 't (2006). Applying Operations Research Techniques to Planning of Train Shunting. In

W.M.C. van Wezel & R.J.J.M. Jorna (Eds.), *Planning in Intelligent Systems* (Wiley Interscience) (pp. 415-436). Hoboken: Wiley.

12. Анисимов, В.В. Проектирование информационных систем. Часть 1. Структурный подход: конспект лекций / В.В. Анисимов. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2005. – С.37-38

13. Шмулевич М.И. Особенности нормирования маневровой работы в имитационной модели станции/ М.И. Шмулевич, А.Е. Стариков. – МИР ТРАНСПОРТА, 2015. – Т.13, № 5, –С. 198–212.

14. Рахмангулов, А. Н. Особенности построения имитационной модели технологии работы железнодорожной станции в системе AnyLogic / А. Н. Рахмангулов, П. Н. Мишкuroв // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании' 2012 : Материалы междунар. науч. - практ. конф. (18 - 27 декабря 2012). – 2012. – Т. 2, № 4. – С. 7-13

15. Овчинников, В.М. Сокращение расхода дизельного топлива на маневрах/ В.М. Овчинников, С.А. Пожидаев, Н.Г. Швец, В.В. Скреженевский//Сборник научных трудов «Транспортные системы и технологии перевозок». –Д.: ДНУЗТ, 2011. –с. 62-70.

16. Роганов В.Р. Особенности оптико-аппартно-программных комплексов моделирования 3Дизображения: Сборник статей международной конференции «Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажёров». – 2015. –Т. 2. С. 83 -91.

17. Нечай, Т.А. Структура и функции информационной системы моделирования маневровой работы на путях необщего пользования // Вестник РГУПС. – 2015. – № 4 . – С.53-60.

18. Нечай Т.А. Описание системы построения технологической карты маневровой работы / Т.А Нечай, А.А. Ключев, Ю.А.Шкандыбин // Сборник научных статей по материалам Международной научно-технической конференции (01 февраля 2016 г.). - Новочеркасск, 2016 г. - С. 109-114.

*V. Petukhov, S. Golikov, I. Mayorov (В.И. Петухов,
С.Ю. Голиков, И.С. Майоров)*

FEFU, Vladivostok)

**CONSIDERING REGIONAL SPECIFICITY IN TRAINING EXPERTS
IN ENVIRONMENTAL PROTECTION-AND-MANAGEMENT IN THE
SCHOOL OF ENGINEERING (FEFU) AND ENHANCEMENT OF
THEIR COMPETITIVENESS AND INCREASE OF DEMAND IN THE
LABOR MARKET (УЧЕТ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ В ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЕ ДВФУ СПЕЦИА-
ЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ И ПРИРОДОПОЛЬ-
ЗОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ИХ ВОСТРЕБОВАННОСТИ И КОН-
КУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НА РЫНКЕ ТРУДА)**

Аннотация

Рассматриваются региональные особенности подготовки специалистов в области охраны природы и природопользования в ДВФУ. Обосновывается необходимость увеличения экологической направленности на основе применения обучающих информационных программ для формирования специалистов в области экоманеджмента и развития политехнического образования в современных условиях. Предлагается применение информационных программ для решения практических вопросов, связанных с принятием управленческих решений на ТОР (территориях опережающего развития) юга Дальнего Востока РФ. Рекомендуется их использование для повышения востребованности и конкурентоспособности политехнического образования.

Подготовка специалистов Инженерной школы ДВФУ на кафедре «Безопасность в ЧС и охраны природы» ориентирована на формирование у выпускников навыков работ по учету и восстановлению природных ресурсов (не ресурса или их группы, а возможно более широкого комплекса востребованных или перспективных в будущем ресурсов), оптимальному для населения и региональной экономики использованию этих ресурсов, моделированию природопользования с учетом современных экономических реалий. Актуальность подготовки подобных менеджеров в области природопользования на Дальнем Востоке РФ заключается в исключительной значимости таких специалистов для: региона, сбережения уникально-

го генофонда и продуктивных экосистем; подъема доходности ресурсопользования (даже в варианте «сырьевой экономики») отдаленных районов с целью улучшения качества жизни населения. Поскольку устойчивое природопользование и его региональные модели определяют экономическое благополучие в т. ч. будущих поколений, а выпускники инженерных специальностей как никто другие являются наиболее подготовленными для разработки и реализации конкретных конструктивных промышленных и природоохранных моделей, поскольку их учебная программа полностью соответствует поставленным задачам обеспечения экономического благополучия с минимизированным ущербом окружающей природной среде.

Природопользование мы рассматриваем как пользование ресурсами природы по схеме комплексности, безотходности, замкнутых циклов и с учётом экологической проблематики и восстановления, по крайней мере, ценнейших биологических объектов. Мы считаем необходимым введение экологической парадигмы как приоритетной для всей хозяйственной деятельности сегодняшнего дня. Основные усилия преподавателей при подготовке специалистов на нашей кафедре направлены на обучение методам и приёмам безопасной и экологичной жизнедеятельности, включая, прежде всего производство, а также на подготовку специалистов для системы муниципального управления, для собственников земли и для будущей организации природопользовательских, включая сырьевые, производящих структур. Потому что бедой современного пользования ресурсами является отсутствие экологически грамотных и патриотичных, глубоко знающих и уважающих свой район и регион менеджеров. И это важно не только для отдалённых малолюдных районов. Следует учесть преимущество нашего регионального экологического, геоэкологического, природопользовательского образования по сравнению с зарубежным. Так, подготовленные в университетах Запада специалисты (даже самого высокого статуса) становятся лоббистами западной модели отношения к России как к дойной корове, которая этому Западу чем-то обязана.

Рассмотрим, в чем заключается особенность подготавливаемых нами специалистов. Эколог - занят разработкой, запуском, контролем таких моделей производства, которые, по крайней мере, минимизируют вред окружающей среде и ставят задачу сохранения на вечные времена части экосистем, биологического разнообразия и генофонда растений и животных.

Природопользователь – должен (с прибылью для себя, предприятия, населения территории) наладить использование природно-ресурсного потенциала. Специалист в области безопасности в ЧС и охраны природы может:

- вести природопользование, не допуская возникновения ЧС;
- грамотно оценивать объём природно-ресурсного потенциала и значение для хозяйственной единицы;
- определять динамику цен набора наиболее востребованных ресурсов в ближайшем и отдалённом будущем (вспомним трагедию шахт и рудников Приморья в связи с обвалом мировых цен на уголь, флюориты, олово);
- разделять ресурсы (сохранив хотя бы важнейшие из них как общенародную собственность) и подобрав систему ресурсов для выживания (сегодня и в будущем), для организации совершенно новых производств (в т.ч. в сфере не столько охраны природы, сколько восстановления необходимых ландшафтов и экосистем, «ремонта» их качества).

Задачи, встающие перед специалистом в области безопасности в ЧС и охраны природы может, шире и сложнее, чем перед просто экологом, или природопользователем. Приведем пример, шахты Тавричанки, Артёма, Партизанска закрылись, а цены на уголь пошли вверх. И если бы не их закрытие, РФ имела бы больше возможностей поставлять нефть и газ на мировой рынок.

Разберем на чем основано преимущество подготавливаемых нами специалистом в области безопасности в ЧС и охраны природы. Наши выпускники:

- прокормят себя даже тогда, когда не будет вакантных рабочих мест и создадут производство на личном клочке земли или подворье, разумеется, лучше в составе коллектива единомышленников;
- будут знать природно-хозяйственные ресурсы и потенциалы (в регионе, субрегионе, районе своей деятельности) и те экосистемы, которые обеспечивают население ресурсами выживания, долговременного развития, прорыва;
- сумеют определить набор ресурсов перспективных для эксплуатации сейчас, а также нуждающихся в защите (до времени новых технологий или более выгодных цен на эти ресурсы).

Мы рекомендуем считать основной проблемой - восстановление ценных экосистем акватории и территории, потому что именно возобновимые ресурсы являются гарантом будущей экономической стабильности

Дальнего Востока РФ, обеспечивая, как в 1970-е гг., 2/3 регионального дохода. Области хозяйственных приоритетов на берегах, по нашему мнению:

- мариводство;
- рыбозаводство (в т.ч. разведение осетровых, сёмги, муксуна и др.) по замкнутому циклу;
- консервное производство;
- получение биологически активных веществ в виде лекарственных препаратов и действительно полезных пищевых добавок из морской биоты на основе разработок ТИБОХ ДВО РАН и ТИПРО-Центра (по их технологиям);
- звероводство;
- производство удобрений;
- овощеводство (в т.ч. для нужд консервного производства, ведь деликатесные консервы, для региона с более чем столетним их производством, должны, во-первых, вернуть утраченное качество и позиции на рынке, во-вторых, разнообразить ассортимент грибными и овощными добавками);
- работы по лесовосстановлению (с учётом разной продуктивности разных лесобразователей в разных экотопах и разных возможностей получить недревесные ресурсы леса от мёда до лекарственного сырья);
- рекреационно-бальнеологическая, эколого-туристическая и учебная работа в ландшафтах Дальнего Востока РФ).

Для успеха предпринимательской деятельности на уровне административного района необходимы: ресурсы, востребованные на рынке; балансовые оценки и кадастровые описи (а иногда и экологические паспорта).

К числу основных, наиболее востребованных природных ресурсов относят: косные неисчерпаемые – климат, почвы, физико-географические особенности территории или территории и акватории, ветровая и гидроэнергия; косные исчерпаемые – минеральное сырьё, мёртвая органика, энергоносители, руды металлов и т.п.; биокосные – способные к восстановлению и самовоспроизводству, в том числе редкие и исчезающие и особо запрашиваемые рынком; социально-культурные – производственные силы, специалисты, традиции хозяйствования и культуры, производства, памятники культуры. Чтобы выйти на рынок с перспективной про-

дукцией, необходим всесторонний анализ всех групп ресурсов по объёму, качеству, сравнительной доле в региональных и мировых запасах, востребованности. Следовательно, уже на уровне административного района и его внутреннего рынка необходимо проводить кадастровые исследования природных ресурсов.

Оценка ресурсов должна происходить по следующей схеме:

1. Оценка ресурсов по объёму, динамике, востребованности в регионе, мире, в странах АТР. Практически конспектируются, критически пересматриваются, исправляются и дополняются кадастры ресурсов.

2. Оценка ресурсов по перспективам реализации на сегодняшний день и в ближайшие несколько лет, что и обеспечит рентабельность местных производств и выживание населения в ближайшие годы.

3. Оценка ресурсов по уникальности (от глобальной до региональной). В этом случае выявляются «ресурсы прорыва», которые легче продать в виде сырья или фабрикатов. Для отдалённых районов Хабаровского края, Сахалина и Приморья определённое значение может иметь заготовка и переработка местных деликатесов – черники, красники, голубики, клюквы, брусники, актинидии, лимонника, черемши, ежегодные урожаи которых составляют до многих ц/га. «Ресурсами прорыва» могут быть и высококачественные мясные консервы длительного хранения, и разные сорта мёда, например, с добавками экстрактов местных лекарственных трав, и лечебные минеральные воды, свойства которых легендарны, например, для ревматиков (Кунашир, Итуруп, Камчатка и т.д.).

4. Выбор схем продвижения ресурсов «прорыва» на рынок и построение модели экономики района с учётом долговременной перспективы, устойчивого развития, рациональности природопользования, комплексности использования ресурсов и их восстановления, если это биологические объекты. Для Хасанского района Приморья сегодня «ресурсы прорыва» дадут рекреация, экологический туризм, марикультура, овощеводство, сложные деликатесные консервы. Главное богатство юга Приморья – его побережья и закрытые от господствующих юго-восточных (тёплое время) и северо-западных (зима) ветров долины и бухты, высокая и относительно высокая теплообеспеченность, а значит – земельные ресурсы и акватории, которые и надо сберечь, а главное богатство Камчатки и Сахалина – генофонд промысловых рыб и немногих представителей морской биоты, даю-

щих особо ценное деликатесное продовольствие или лекарственные препараты.

5. Выбор направления обратного ресурсопользования – использование или нейтрализация отходов производства, золоотвалов, отвалов приисков, хвостохранилищ в т.ч. для получения цветных и редких металлов, самоцветов и т.п. Получение конечного продукта из недревесных ресурсов леса, остающихся на лесосеках и верхних складах по схемам ФГУ «ДальНИИЛХ», например, хвойно-витаминной муки, эфирных масел, ароматных курительных палочек, а также из отходов переработки морепродуктов (лекарства, удобрения, корма для животных и т.п.).

6. Оценка возможности использования вечных ресурсов: климата, ландшафтов, водотоков, экосистем и памятников природы для целей рекреации и экологического туризма, лесовыращивания, озеленения, которыми природопользователи смогут заниматься если не как ландшафтные архитекторы, то в качестве специалистов по биологии и экологии наиболее декоративных и хозяйственно ценных форм (например, в местных климатах Преображения, Находки, Владивостока, Славянки и Краскино в Приморье перспективны магнолии и местные двухвойные сосны при некотором участии канадских елей, на юге Сахалина – магнолии и таёжные породы Центральной Европы и Северной Америки – прежде всего темнохвойные с сизым и синим охвоением породы, а также североамериканские клёны с цветными листьями).

7. Оценка производственного потенциала с учётом работы на привозном сырье и сырье, выращенном на месте, в т.ч. в тепличных комплексах по моделям Бельгии, Японии и Израиля, если нет возможности использовать ресурсы рекреации.

8. Построение модели экономической деятельности района на базе ресурсов и производственных сил сегодня и на перспективу через несколько лет (с учётом тенденций мирового рынка и конечности исчерпаемых ресурсов, которые, может быть, району следует попридержать до лучших времён и цен). Особое внимание к прибрежной зоне Дальнего Востока РФ, которая характеризуется мощными потоками вещества, энергии и информации, протекающими в противоположных направлениях. В связи с этим, главной особенностью землепользования в прибрежной зоне является его адаптивность к природным условиям. В противном случае существенно возрастает риск возникновения экологической катастрофы.

В целях наиболее полного учета особенностей землепользования в прибрежной зоне для расчетов рекомендована компьютерная модель на базе программы «CoMPAS», а так же зонирование прибрежной территории на три природно-хозяйственные области: сложных, особо сложных и экстремальных условий.

В ходе анализа результатов, проведенных расчетов нами были разработаны следующие меры по совершенствованию системы землепользования в прибрежной зоне:

- для достижения устойчивого социально-экономического развития необходима ежегодная инвестиция всех бюджетных средств в пропорции: рекреационно-туристический комплекс (10%), рыболовство (10%), сельское хозяйство (10%), рыбоводство (10%), лесоперерабатывающая промышленность (10%) и природоохранные мероприятия (50%). В случае ухудшения индекса качества окружающей среды, или замедлении темпов роста показателей из соответствующей отрасли промышленности инвестиции необходимо изымать и вкладывать их в природоохранные мероприятия;

- необходим переход к ресурсосберегающему, адаптивному землепользованию, так как при современной технологической базе расчетный налог на доход землепользователей, обеспечивающий устойчивое развитие территории составляет от 70 до 90% этого дохода, что однозначно прекратит всякую легальную экономическую активность;

- следует разработать и принять Береговой Кодекс (основными задачами которого должны быть кодификация существующих законодательных и нормативно-правовых актов, а так же уничтожение «белых пятен» прибрежной зоны; полосы между линиями максимального прилива и отлива, а так же полосы между внешней границей прибрежной полосы и линией водораздела рек первого порядка, впадающих в морской бассейн).

Следует создать Федеральное агентство по вопросам землепользования в прибрежной зоне. В настоящее время, этими проблемами, требующими комплексного подхода занимаются 23 ведомства Кроме того, данному агенству следует поручить работы по составлению комплексного многофункционального Кадастра береговой зоны.

Выводы

1. Экологизация и политехнизация образования - обязательное условие современного развития образования.

2. Региональная специфика Дальнего Востока РФ и его преимущество – контактное положение в системе «суша-море», с возможностью использования богатейших ресурсов самого большого.

3. Реализация экологизации и политехнизации на основе применения обучающих информационных программ в образовательном процессе способствует:

- ориентации на современные информационные технологии;
- повышение его конкурентоспособности на мировом рынке и увеличение привлекательности для иностранных студентов;
- улучшению подготовки специалистов.

G. Poleshchuk, V. Rukavishnikova (Г.С. Полещук, В.И. Рукавишникова)

FEFU, Vladivostok

USING THE RELATIONSHIP BETWEEN UNIFIED STATE EXAMINATION AND MATHEMATICS AT THE UNIVERSITY IN ORDER TO CREATE ADDITIONAL EDUCATIONAL SPACE (ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ЕГЭ И МАТЕМАТИКОЙ В ВУЗЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА)

Аннотация

Рассматриваются вопросы, связанные с подходом к изучению курса математики студентами Инженерной школы. Анализируется связь между уровнем математической подготовки студентов первого курса, приступающим к изучению математики в ВУЗе и степенью усвоения материала в процессе обучения. Делается упор на повышение базового уровня математической подготовки как основы дальнейшего изучения не только математических дисциплин, но и дисциплин, применяющих математический аппарат при формировании профессиональной компетентности специалиста.

Предлагается при разработке учебных планов учитывать уровень математической подготовки студентов и в целях получения студента, способ-

ного к освоению технических дисциплин и выполнения научных проектов, выделять достаточное количество времени для изучения математики.

Трудно представить инженерную работу, выполненную без применения математических расчетов. Поэтому всегда одним из вступительных экзаменов в высшее учебное заведение на инженерные направления была математика. В 2008 г. Приморский край вошел в систему Единого государственного экзамена и при наборе студентов первого курса на инженерные направления учитываются результаты ЕГЭ. В перечне вступительных испытаний на первом месте стоит математика.

Требования Единого государственного экзамена, его структура и содержание контрольных измерительных материалов ежегодно претерпевают изменения. В последние два года в число заданий первой части включено достаточно большое количество простых заданий, уровень этих знаний соответствует слабому троечнику. Это позволяет не только перешагнуть пороговый уровень для получения положительной оценки, но и набрать и 35, и 40 баллов абитуриенту, слабо подготовленному к восприятию курса математики в ВУЗе.

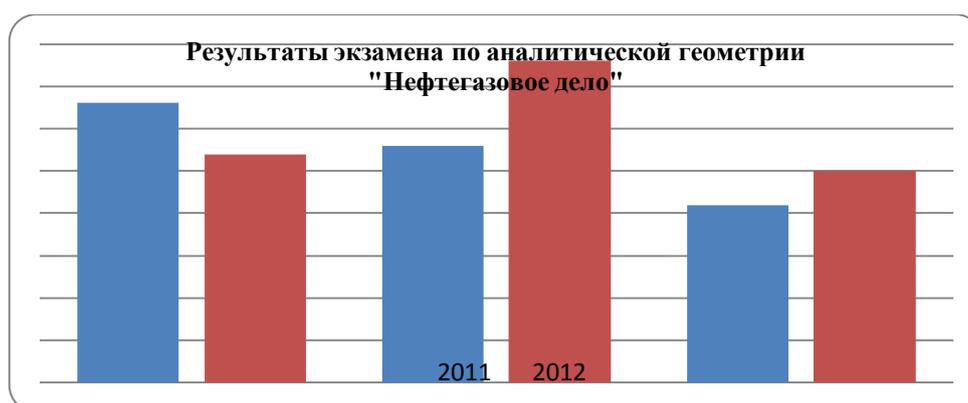
Поднять их уровень - огромный труд, помочь вчерашним школьникам, ставшим студентами, но в школьные годы не научившимся учиться - наша задача.

В декабре 2012 года экспериментально, по решению руководства Инженерной школы, были проведены дополнительные занятия по программе подготовки к промежуточной аттестации по дисциплинам, вызывающим наибольшее затруднение у студентов, по математике и химии. Проведен анализ результатов сессии в четырех потоках студентов первого курса за 2011-2012 учебный год (зимняя сессия), где не проводились дополнительные занятия и 2012-2013 учебный год (аналогичная сессия) для потоков, участвовавших в эксперименте. Результаты покажем на примере потока по направлению «Нефтегазовое дело», принимавшего участие в эксперименте. В 2011-2012 учебном году на первый курс этого направления были зачислены студенты, имеющие баллы ЕГЭ по математике с вариацией от 34 до 89 баллов, при этом средний балл 56,3. В 2012-2013 учебном году балл ЕГЭ по математике распределялся от 31 до 79 со средним баллом 57,9.

Первую сессию в 2011-2012 учебном году по дисциплине «Математический анализ» из потока 42 студента сдали на оценку «удовлетворительно» 7, на оценку «хорошо» – 14, на оценку «отлично» – 5 студентов. Успеваемость составляет 61,9%, при этом качество успеваемости, т.е. число студентов, сдавших экзамен на хорошо и отлично, относительно общего числа студентов в потоке, составляет 45,24%

По дисциплине «Аналитическая геометрия» оценку «удовлетворительно» получили 14 студентов, оценку «хорошо» – 12, оценку «отлично» – 9 из этого потока. Успеваемость составила 83,33%, при этом качество успеваемости составляет 50%.

В 2012-2013 учебном году после проведения дополнительных занятий со слабыми и чувствующими себя неуверенно студентами с экзаменом по дисциплине «Математический анализ» справились на «удовлетворительно» 17 обучающихся, на оценку «хорошо» – 9 и 13 студентов на оценку «отлично». Относительно всего потока из 47 студентов число успешно сдавших этот предмет обучающихся составило 82,98% , что на 21,08 % выше предыдущего года и качество успеваемости 46,81% повысилось на 1,57%. По дисциплине «Аналитическая геометрия» 13, 18, 12 студентов сдали экзамен на «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично» соответственно. Уровень успеваемости составил 91,49% , что на 8,16% выше успеваемости 2011-2012 учебном году, а качество успеваемости 63,83% относительно предыдущего года увеличилось на 13,83%.



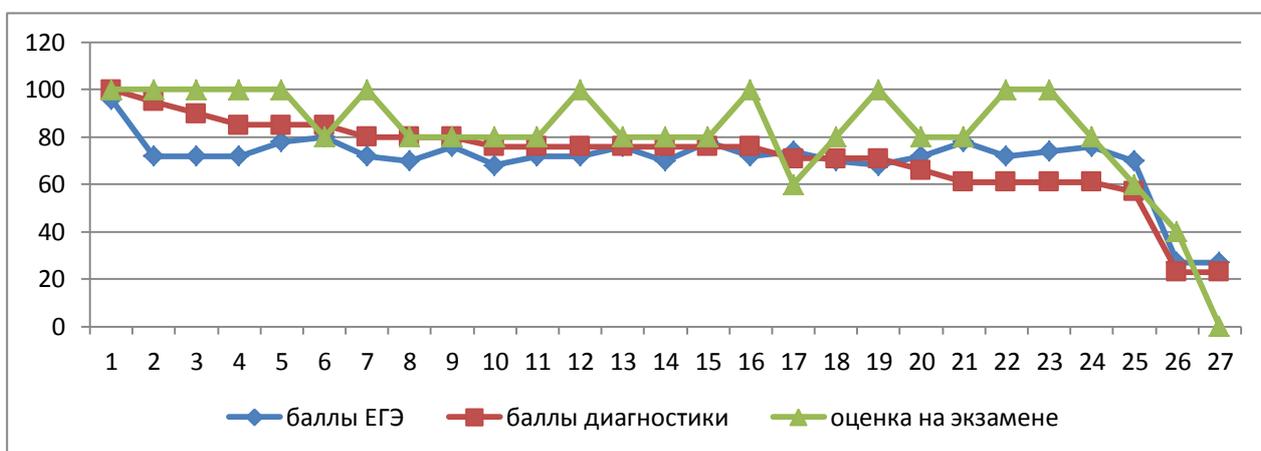
Было замечено, что оценки «хорошо» и «отлично» как в 2011-2012, так и в 2012-2013 учебном году получили студенты, у которых балл ЕГЭ по математике превышал 50. Только 5 студентов из этих потоков рассматриваемых лет получили по одному из перечисленных предметов «хорошо», имея балл по математике меньше 50. Аналогичная закономерность

наблюдалась и в других потоках, при этом количество студентов, получивших оценку «хорошо» на экзамене, имея балл ЕГЭ по математике меньше 50, еще меньше или отсутствует.

В 2014-2015 учебном году на базе Школы естественных наук были организованы занятия по математическим дисциплинам для желающих студентов на договорной основе. На примере группы Б3103б можно отметить, что из группы с 30% успеваемостью в первую сессию, когда занятия проводились после сессии в качестве «спасения утопающих», в следующем семестре успеваемость поднялась до 80%, так как занятия, по настоянию студентов, проводились в течение большей части семестра.

В декабре 2015 года проведено диагностическое тестирование студентов ДВФУ, в том числе и некоторых направлений Инженерной школы, по определению уровня знаний студентов первого курса по дисциплине «Математика», полученных на базе среднего общего образования. В тестировании принимали участие студенты, обучающиеся на направлении «Нефтегазовое дело». К сожалению, не все учащиеся имели возможность участвовать в тестировании.

Распределение баллов ЕГЭ, баллов диагностики и оценки на экзамене студентов группы Б3103а, обучающихся на бюджетной основе.



Рассматривая группу студентов с высокими баллами ЕГЭ, надо заметить, что из 25 тестируемых (не берем во внимание двух студентов, имевших низкие баллы, один из которых на экзамене получил неудовлетворительную оценку, а другой и не пытался его сдать) только у 7 студентов (28%) наблюдается незначительное снижение уровня знаний, при этом 2 студента из 7 получили удовлетворительные оценки. Из числа студентов, получивших оценку «хорошо», не все были удовлетворены результатом и,

имея возможность дополнительных занятий в группе соответствующего уровня под руководством преподавателя, могли бы получить более высокую оценку. Руководствуясь нацеленностью большей части рассматриваемых студентов на дальнейшее обучение в магистратуре, их интерес не ограничивается решением задач, предусмотренных программой, что также требует отдельного внимания и дополнительных занятий.

В группе Б3103б проходили тестирование 22 студента, у которых балл ЕГЭ в пределах от 40 до 74. Из них выше 60 баллов имеют 7 студентов (32%), от 50 до 59 имеют 11 студентов (50%) и 4 студента (18%) имеют менее 50 баллов. Причем, неудовлетворительную оценку получили студенты, у которых баллы ЕГЭ менее 56 и уровень знаний понизился.

В группе Б3103в первоначальный балл по ЕГЭ в пределах от 40 до 50 баллов был только у двух студентов, остальные меньше 40, что, надо заметить, в прошлом году декларировалось как непроходной балл. Анализируя баллы ЕГЭ и диагностические баллы, мы видим, что произошло незначительное повышение уровня знаний студентов, за исключением трех также незначительных понижений. Однако усвоить текущие знания по дисциплине «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», к сожалению, смогли только 3 студента. Зачет по более сложной дисциплине «Математический анализ» вовремя (до конца сессии) получил только один из перечисленных студентов.

При обучении специалистов и бакалавров по техническим направлениям подготовки математика является базовой частью образовательного стандарта. Учитывая уровень школьной подготовки, следует внимательно подойти к составлению учебного плана и выделить по верхней границе предлагаемых зачетных единиц на математические дисциплины, кроме того, дополнительные часы для повышения базового уровня знаний.

Прослеживается необходимость, используя пример некоторых ведущих московских ВУЗов и опыт кафедры физики ДВГТУ, в течение всего первого семестра обучения проводить дополнительные занятия по математике, в остальных семестрах дополнительные занятия могут проводиться по усмотрению руководителя направления или по желанию студентов. Более эффективными будут дополнительные занятия, проводимые в группах, составленных дифференцированно с учетом базового уровня математической подготовки каждого студента.

Первый уровень можно назвать «не потерять контингент», который будет способствовать поднятию уровня школьных знаний, необходимых для усвоения минимальной части материала высшей математики, применяемой в профессиональном цикле. При проведении таких занятий перед студентом ставится реально достижимая задача о повышении знаний и в перспективе - благополучная сдача экзамена.

Второй уровень - для студентов, способных изучать математику более глубоко и желающих знать математический аппарат, используемый в технических дисциплинах. Изучение математики способствует развитию логического мышления и способствует повышению возможностей применять математику в прикладных вопросах специальности.

Третий уровень – для подготовки самых способных студентов, склонных к исследовательской работе и решению задач повышенной сложности. Работа с такими студентами позволит подготовить их к участию в олимпиадах по математике и участию в научно-исследовательской работе, что увеличит их конкурентную способность при поступлении в магистратуру.

Литература

1. Диагностика знаний, среднее общее образование, (на базе 11 классов), «Математика». Информационно-аналитические материалы. ДВФУ, 2015.
2. Иванов О.А. ЕГЭ и результаты первого семестра обучения. Математика в школе, 2011, вып.5.стр. 28-33
3. Хавенсон Т.Е., Соловьева А.А. Связь результатов Единого государственного экзамена и успеваемости в ВУЗе. Вопросы образования.2014. №1. стр. 176-195
4. Переяславская Л.Б., Переяславский В.И. Исследование корреляций между результатами ЕГЭ по математике абитуриентов и их успеваемостью в ВУЗе. 56 Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. 2014. №4. стр. 49-56

O. Portnova, E. Minayeva (O.C. Πορτνοβα, E.A. Μιναεβα)

FEFU, Vladivostok

HIGHER EDUCATION: THE BATTLE BETWEEN EQUALITY AND MARKET

Up to 20th century higher education was rather a privilege than a right. Now the situation had changed. Of course, in theory higher education is still not a necessary requirement for having a competitive standard of living; however, in practice in most cases employers look for highly educated workers, and a university diploma is one of the important achievement for being competitive in the job market. “Globalisation has changed the relationship between higher education and the state, but it is also transforming the relationship between institutions, and between institutions and society” (Hazelkorn, 2009).

From one hand, higher education must meet the requirements and expectations of the market, in other words, the client, the customer here is the market, its corporations and industries, from the other hand – education, including higher education, is a strategic resource of the state, which provides high-qualitative human capital, contributes to the development of science and technologies and social stability (Weber, 2005). Consequently, there appears a question on whether the state should be responsible for educating its citizens after high school level, and if yes – to what extent?

There are two different perspectives on education, and each of them points out the essential aspects of the state’s stability: one perspective views education as human capital development for economic growth, and the other views it as a mechanism for social equality (Byrd, 2015).

However we look at higher education, it turns out to be a strategic aspect both for the state and personally for its citizens, just as housing or the health care. Therefore, the lack of public policy and price regulations in this area may very possibly lead to inequality growth and to decrease of the quality of human capital (with all the sad consequences for industry, technologies, innovation and the common standard of living).

If to consider higher education as something that every person can have access to, including financial opportunity, than higher education falls into category of public goods. But that means, that it follows that public goods are not readily tradable, whereas their opposites – private goods – are essentially

sold on the market for exclusive consumption by one person or a group of persons paying for the privilege. (Weber, 2005), and as a public good higher education must be subsidized by the state.

In most European states this is exactly the case: the price for education is not high; Finland, Germany, Austria, France, Norway and many other countries of the EU subsidize universities' expenses and students pay relatively small fee: around 500 – 800 euro per year. At the first sight, the solution for other countries is obvious – to learn from this experience and to apply such public policy in their states. However, it is not that simple. Most of high-ranked universities are located in the countries which do not support such public policy. For example, in QS ranking 2015, 9 out of top 10 universities have tuition fee only of 12 000 USD per year or above. The reason for that is that this universities can afford the best academic staff, the best newest equipment for their labs etc. precisely because they charge more and they have an unfailing resource – their students money.

One may argue that it is not necessary to attend one of top-10 world universities in order to obtain good higher education; however, it is not just top-10, it is the general tendency: the higher is the university rank, the higher is the price. This leads to the destructive consequences: first, in order to stay professionally competitive students have to take huge student loans to attend better institutions, without even knowing whether they will be able to repay it in future (in addition to house loans they will have to have), and second, it contributes to social inequality and contradicts the concept of equal opportunities.

In addition, in many states there is a huge disproportion in the salary rate of graduates and the tuition fees, and this trend is continuous: the tuition fee grows faster than the income . According to CNBC News, in 1971, for example, Harvard's \$2,600 tuition amounted to about 13 weeks' worth of the median household's annual income of \$10,285. Today, the median household needs to work for almost a year to pay the full sticker price.

The problem here is that the state failed to control the price rise in this sector and did not set up the maximum of the tuition fee, and Universities are not limited for setting any price they want because student will pay it anyway. Of course, it is not a random price; however, in many cases this price also includes disproportionately high percentage for housing, student services and additional

expenses which are not connected to the tuition fee itself, but student have to get the whole package anyway.

The accessibility and quality of higher and professional education is as important as health or housing policy, both for individuals and for the state in general. For citizens higher education is an opportunity to develop professional skills and, следовательно, an opportunity to get a better quality of life, and for the state, higher education is directly connected with the human capital and scientific and industrial development. After all, it is obvious, that employees will perform better if they have proper professional training and a certain level of intelligence and educational background. In order to provide all this, state must elaborate the competitive public policy, which would respond the conditions of market economy and, at the same time, provide equality (if not completely, but at least to some noticeable extent). Unfortunately, this policy is not elaborated enough yet in many developed states, and it must remain in the focus of public policy institutions in order to avoid social and economic difficulties, which may occur in the nearest future if nothing would be changed.

Bibliography

1. Byrd, M. (2015). *Education, Economic Growth, and Social Stability: Why the Three Are Inseparable*. University of California.
2. CNBC News Report, 16.06.2016, available at <http://www.cnbc.com/2015/06/16/why-college-costs-are-so-high-and-rising.html>
3. Hazelkorn, E. (2009). *Rankings and the Battle for World-Class Excellence: Institutional Strategies and Policy Choices*. Higher Education Management and Policy Volume 21, No. 1
4. Taubman, J. (1974). *The Human-Capital Approach to Higher Education*. Higher Education and Earnings: College as an Investment and Screening Device, pp. 25-36.
5. QS World University Ranking 2015, available at [http://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2015#sorting=rank+region="+country="+faculty="+stars=false+search=](http://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2015#sorting=rank+region=)
6. Weber, L. (2005). *The public responsibility for higher education and research*. Council of Europe Publishing

V. Roganov (B.P. Roganov)

Penza State Technological University, Penza, ООО “Vdio”

**ERGATIC OPTICAL-HARDWARE-SOFTWARE COMPLEXES FOR
3D IMAGE MODELLING USED FOR TRAINING COMPLEXES
(ЭРГАТИЧЕСКИЕ ОПТИКО-АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ
КОМПЛЕКСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ 3D ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ
ОБУЧАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ)**

Аннотация

В статье проведён анализ эргатических оптико-аппаратно-программных комплексов, моделирующих 3Дизображения для тренажёров подготовки водителей транспортных средств или используемых при решении спецзадач. Отличительной особенностью рассматриваемых комплексов является целенаправленное воздействие на зрительный аппарат человека-наблюдателя, что позволяет человеку не только видеть трёхмерное изображение, но и тренировать свой глазомер. Все выводы основаны на результатах исследований, сделанных, при разработки имитаторов визуальной обстановки авиационных тренажёров на лидере советского тренажёростроения ПО «Эра», и при разработке систем технического зрения для мобильных роботов в ООО «Видео3», при выполнении госконтракта 8009р/8265 «Разработка технологии изготовления оптических комплектующих для безочковых индикаторов, моделирующих псевдообъемное изображение».

Сегодня системы, моделирующие визуально наблюдаемые 3Дизображения, являются реальностью. В литературе, достаточно часто можно встретить утверждение, что сейчас задача моделирования трёхмерного изображения решена и системы, моделирующие 3Дизображение, можно использовать всегда и везде [1–4]. Однако, опыт применения 3Диндикаторов в тренажёростроении, когда необходимо моделировать такое трёхмерное изображение, чтобы обучаемый мог отрабатывать профессиональные навыки ориентации в пространстве, показал что такое утверждение не всегда верно.

Визуально наблюдаемые трёхмерные модели реально существующих подвижных и неподвижных объекты в тренажёрных системах должны давать возможность наблюдателю не только рассматривать модель

местности, но и тренировать свой глазомер. При этом, профессиональные навыки определения расстояния до выбранной модели, полученные при обучении на тренажёре, должны соответствовать навыкам, полученным этим же наблюдателем, при обучении на реальной местности с использованием реального транспортного средства.

Рассмотрим известные решения задачи моделирования неплоского и трёхмерного изображения.

Для начала введём определение, что под «трёхмерной визуально наблюдаемой моделью» будем понимать модель, позволяющую тренировать глазомер. Именно такое определение ранее понималось под стереоизображением (или под «твёрдым» изображением, позволяющим оценивать расстояние между двумя wybranными точками, а также между наблюдателем и выбранной точкой). В то же время аппаратно-программные комплексы могут синтезировать изображение на экране монитора, которое трудно назвать плоским. Примером такого изображения может быть вращающийся кубик на тёмном экране. Однако, как показали результаты исследований, в этом случае, несмотря на разные размеры такого куба и разные размеры экрана, наблюдатель всегда будет визуально оценивать расстояние не до определённой грани куба, а расстояние до плоскости экрана⁴. Такую модель в дальнейшем будем называть «неплоской». Теоретически, с развитием техники, будем использовать голографические системы моделирования трёхмерного изображения. Которые возможно решат неразрешимые сейчас задачи, но в дальнейшем будем рассматривать только системы моделирования трёхмерного визуально наблюдаемого изображения, которые уже используются на практике и хорошо зарекомендовали себя.

Исследование показали, что моделирование трёхмерного визуально наблюдаемого пространства может реализовываться несколькими способами. Во всех случаях, в процесс моделирования изображения включён зрительный аппарат человека, точнее отдельные составляющие зрительного аппарата человека. Поэтому полученную и визуально наблюдаемую человеком модель как трёхмерную, сфотографировать с нескольких сторон как трёхмерный объект, не меняя положение виртуальной камеры, нельзя. Таким образом, все используемые в тренажёростроении системы

⁴ Исключение составляет случай, когда экран находится от наблюдателя на достаточно большом расстоянии от наблюдателя, например на расстоянии далее 20 м.

моделирования для обучаемого трёхмерного изображения являются эргатическими. Это означает, что в принципе каждый человек видит получаемую модель возможно несколько иначе, чем другой человек. Это же означает, что в принципе может быть человек, который не увидит трёхмерного изображения, и, к сожалению, такие примеры есть.

Системы моделирования трёхмерного изображения воздействуют на зрительный аппарат человека через специальные оптические системы. В тренажёростроении используются два вида оптических систем, каждая из которых может быть реализована с использованием нескольких технических решений. В дальнейшем будем описывать системы, позволяющие обучать пилотов визуальной посадке летательного аппарата на искусственную взлётно-посадочную полосу, без помощи приборов кабинного оборудования.

Наиболее часто для решения этой задачи используют оптические системы на базе коллиматоров. Такие безочковые системы, при создании у наблюдателя эффекта наблюдения трёхмерной модели воздействуют на две составляющие зрительного аппарата человека: аккомодацию и конвергенцию. Дополнительным обязательным условием является наличие в поле зрения человека модели подвижного объекта (без разницы движется эта модель по траектории, или просто вращается), или сам наблюдатель должен быть подвижным (что всегда бывает при моделировании полёта над местностью). В тренажёростроении применяют два типа таких систем. Система с 3Диндикатором с «узким» зрачком (рассчитана на одного человека, например на пилота истребителя), и система с 3Диндикатором с «широким» зрачком (рассчитана на нескольких человек, например на экипаж транспортного самолёта). Они различаются по конструкции оптической составляющей.

Система с «узким» зрачком состоит, как правило, из экрана формирования промежуточного изображения, светоделительной пластины и вогнутого сферического зеркала. При этом радиус сферического зеркала обычно берётся меньше 1 м, что в итоге позволяет создать достаточно компактную систему. Исследования, проведённые в ООО «ВидеоЗ» позволили существенно снизить стоимость такой системы, сделав её доступной.

Система с «широким» зрачком состоит из выпуклого сферического экрана формирования промежуточного изображения и вогнутого зеркала большого радиуса. В итоге получается громоздкая конструкция. Это со-

здаёт дополнительные трудности при её производстве, что в итоге делает такую систему очень дорогой.

В случае, когда необходимо работать с визуально наблюдаемой трёхмерной моделью на расстоянии ближе 2 м, или, по условиям ТЗ, в принципе не должно быть подвижных моделей, для получения трёхмерного изображения используют двухканальные системы с диспаратными очками. Такие системы воздействуют на диспаратность зрительного аппарата человека. Такие системы обязаны доставить каждому глазу человека своё изображение, отличающееся ракурсом наблюдения.

Есть несколько способов сделать это:

1) в принципе исключить возможность одному глазу видеть изображение, предназначенное для другого глаза, как правило, достигается за счёт наличия непрозрачной перегородки и двух экранов формирования промежуточного изображения (отдельно для левого глаза, отдельно для правого глаза), к таким системам надо отнести и различные внутришлемные системы индикации;

2) используя специальные очки, позволяющие выделить требуемое изображение с общего экрана формирования промежуточного изображения, где возможен вариант в каждом кадре высвечиваются два наложенные друг на друга изображения, или изображение для одного глаза высвечивается через кадр.

Исследования показали, что этот способ моделирования трёхмерного изображения имеет существенные недостатки:

– для ряда людей требуется заметный интервал «обучения» зрительного аппарата видеть трёхмерную визуально наблюдаемую модель;

– большинство людей быстрее устают при работе с тиками системами, по сравнению с системами использующих коллиматоры, что обычно проявляется у людей в виде долго не утихающей головной боли и усталости;

– необходимость формирования двух изображений, а затем решение задачи сепарации, требует более чем двукратного увеличения стоимости аппаратной части.

Опыт разработки имитаторов визуальной обстановки для авиационных тренажёров, тренажёров подготовки операторов-наводчиков противотанковых ракетных комплексов, автоматизированных музейных рабочих мест «Для путешествий во времени и в пространстве» показал:

– В большинстве случаев целесообразно использовать системы позволяющие создавать трёхмерную визуально наблюдаемую моделью, созданные на базе коллиматоров.

– Двухканальные системы, создающие трёхмерные визуально наблюдаемые модели целесообразно использовать в случаях, когда наблюдатель расположен не далее двух метров от рассматриваемой модели.

– Так как, в настоящее время, все системы моделирования трёхмерных визуально наблюдаемых моделей создают у человека эффект наблюдения трёхмерного объекта, воздействуя на отдельные составляющие его зрительного аппарата, возможны случаи когда неподготовленный наблюдатель не увидит трёхмерной модели. Для уменьшения числа людей не видящих трёхмерную модель необходимо разрабатывать специальный обучающий курс, сокращающий интервал обучения зрительного аппарата человека видеть трёхмерную модель объекта с качеством, достаточным для ориентации в пространстве и тренировки глазомера, сохраняя приобретенные навыки для ориентации в реальном пространстве.

Литература

1. Роганов В.Р. Анализ устройств индикации тренажёров операторов-наводчиков. – Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. 2014. № 4 (124). – С. 80–87.

2. Роганов В.Р. Организация визуальных баз данных и управление компьютерными генераторами изображений имитаторов визуальной обстановки тренажёров. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пенза, 1995.

3. Roganov V.R., Asmolova E.A., Seredkin A.N., Chetvergova M.V., Andreeva N.B., Filippenko V.O. Problem of virtual space modeling in aviation simulators. – Life Science Journal. 2014. T. 11. № 12s. – С. 1097.

4. Михеев М.Ю., Жашкова Т.В., Сёмочкина И.Ю., Роганов В.Р., Щербань А.Б Математические и информационно-структурные модели эргатических систем. – Пенза, 2015.

A. I. Samsonov, A. A. Samsonov (А.И. Самсонов, А.А. Самсонов)

FEFU, Vladivostok

COURSE PROJECTS (WORKS) ARE AN EFFECTIVE TOOL FOR STUDY OF TECHNICAL DISCIPLINES ON THE EXAMPLE OF COURSE WORKS IN SUCH DISCIPLINES, AS SHIP ICS SPP (КУРСОВЫЕ ПРОЕКТЫ (РАБОТЫ) – ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ОСВОЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН НА ПРИМЕРЕ КУРСОВЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНАМ: СУДОВЫЕ ДВС, АСУ СЭУ)

Аннотация

Рассматриваются курсовые работы, проекты по техническим дисциплинам «Судовые двигатели внутреннего сгорания», «Автоматизированные системы управления судовыми энергетическими установками», математическое моделирование, интерактивное обучение.

В последние годы, с развитием компьютерной техники, математического моделирования, интерактивного обучения, изменяется традиционное обучение и, по нашему мнению, возрастает роль курсовых работ (проектов) в политехническом образовании.

Если прежде по многим дисциплинам при выполнении курсовых работ производился расчёт одного варианта с фиксированными исходными значениями параметров, то сейчас за то же время, которое отводится на выполнение работы, при наличии хороших математических моделей, программ расчёта, можно провести многовариантные расчёты, выполнить поисковые исследования.

Примеры современных курсовых работ, выполняемых в ДВФУ по дисциплинам «Судовые двигатели внутреннего сгорания», «Автоматизированные системы управления судовыми энергетическими установками» приведены в [1,2,3]. Курсовые работы, (проекты) по единой теме для группы студентов, с конкретным заданием для каждого студента способствуют готовности к кооперации с коллегами, работе в коллективе, обеспечивают сочетание коллективизма и личной ответственности. Студенты общаются друг с другом больше чем с преподавателем и воспринимают знания друг от друга, наверное, не меньше чем от преподавателя. Обще-

ние, консультации друг с другом особенно способствуют пониманию и закреплению новых знаний, приобретению умений и навыков.

Роль преподавателя возрастает при защите выполненных курсовых работ. Наличие работы и проверки правильности выполненной работы недостаточно. Необходимо убедиться, что студент понимает физическую сущность рассматриваемых процессов, их математическую модель, программу расчёта, владеет требуемыми компетенциями.

Литература

1. Самсонов А.И. Судовые двигатели внутреннего сгорания: учебн. пособие /А.И. Самсонов – Владивосток. Изд-во ДВГТУ, 2008 – 172с.

ISBN 978-5-7596-0936-0.

2. Самсонов А.И. Судовые двигатели внутреннего сгорания [Учебное электронное издание]/ Владивосток. ДВФУ. MathCAD15. 2015г.

3. Самсонов А.И. Автоматизированные системы управления судовыми дизельными установками: учебн. пособие /А.И. Самсонов – Владивосток. Изд-во ДВГТУ, 2006, 220с.

ISBN 5-7596-0553-4.

I. Savchenko, N. Sidorova, I. Repina, V. Timchenko, S. Kuzora

FEFU, Vladivostok

ON NECESSARY IMPROVEMENTS IN ECONOMIC EDUCATION OF ENGINEERS (О НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ)

Аннотация

Базовая экономическая подготовка инженерных кадров в обязательном порядке должна включать изучение таких вопросов, как : понятие о рыночной системе и роли государства в экономике; механизм рыночного ценообразования; издержки производства и транзакционные издержки; инвестиции и инвестиционные решения; альтернативный выбор и эффективность; деньги и денежная политика; валютный курс и паритет покупательной способности; институты и их роль в экономике; экономическая теория прав собственности; теория контрактов и теория фирмы.

На конференции по проблемам качества инженерного образования, состоявшейся в ноябре 2014 г. в Томске, а также на международной конференции «Актуальные вопросы подготовки современных инженеров и научно педагогических кадров» (МАДИ, март 2015 г.) прозвучало немало интересных идей. Обе конференции открылись докладом Ю.П. Похолкова, президента Ассоциации инженерного образования России, в котором было предложено «системное видение» текущей ситуации и обозначено «противоречие между прежней системой подготовки инженеров и требованиями к ним со стороны работодателей». Так, представители бизнес-сообщества считают, что технические специалисты должны обладать следующими качествами: □ способностью системно и самостоятельно мыслить; □ умением работать в команде; □ обладать знаниями бизнес-процессов и бизнес - среды в целом; □ способностью генерировать и воспринимать инновационные задачи; □ умением аргументированно презентовать свою идею; □ способностью использовать в работе иностранные языки. [1]

Достаточно хорошо известны и образовательные технологии, позволяющие готовить высококвалифицированных специалистов, способных к творчеству и созиданию. Несмотря на их разнообразие, все они строились на основе включения в учебный процесс творческой исследовательской работы студента, приближенной к реальной деятельности будущего специалиста. Подготовка специалистов, способных осваивать и разрабатывать инновационные проекты, создавать и использовать бюджетный вариант собственного инновационного проекта и источника его финансирования, участвовать в исследовательской и инновационной деятельности – задача весьма актуальная сегодня для России.

Если на уровне бакалавриата преобладают требования к набору знаний, то в магистратуре упор делается на умения использовать знания и осуществлять разработку продукции. После получения высшего образования (окончания магистратуры) он должен защитить квалификационную работу для присвоения звания инженера. Ключевые слова «эксплуатация» и «создание» должны предопределять всё содержание образовательных стандартов, учебных планов и технологий обучения и служить для обозначения границы, разделяющей образовательные уровни.

Образовательный стандарт в Дальневосточном федеральном университете представляет собой совокупность требований, обязательных при

реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования, в том числе, программы магистратуры по направлению подготовки «Инноватика».

Область профессиональной деятельности выпускников, освоивших данную программу магистратуры, включает:

- инновационное развитие страны, регионов, территорий, отраслей и предприятий;

- развитие инфраструктуры и внедрение новых технологий;

- информационное, технологическое, нормативно-правовое, финансовое обеспечение инновационной деятельности;

- инноватика как область научно-технической деятельности.

- инновационные решения в области высшего и специального профессионального образования;

- внедрение инновационных средств и методов в деятельность органов государственной власти и управления федерального, регионального и муниципального уровней, объектов малого и среднего инновационного бизнеса.

Для освоения профессиональных компетенций в организационно-управленческой деятельности в учебном плане предусмотрено преподавание следующих дисциплин: инновационное бюджетирование; управление рисками инновационных проектов; методы оценки инвестиционно-инновационных проектов; экономика качества; конкурентоспособность инновационной продукции; инвестиции в инновации и финансовая структура капитала организации; интегральный анализ эффективности реализации инноваций; экономическая экспертиза инновационных проектов и мониторинг реализации инноваций; экономическая мотивация инновационной деятельности. Вместе с тем, мы считаем, что в учебном плане необходимо предусмотреть преподавание таких учебных дисциплин как: бухгалтерский учет, затратный механизм формирования себестоимости продукции, вопросы взаимодействия с банковским сектором при реализации инновационного проекта.

Кафедра Инноватики, качества, стандартизации и сертификации Инженерной школы Дальневосточного федерального университета в процессе подготовки магистров серьезно занимается научно-исследовательской работой по таким направлениям, как:

- поддержка проведения фундаментальных и поисковых исследований, направленных на получение принципиально новых знаний, принятых и оцененных мировым научным сообществом;

- формирование тематики прикладных исследований и разработок;

- совершенствование инновационной деятельности как итоговой фазы движения научной идеи от её рождения до коммерциализации;

- развитие научно-инновационной инфраструктуры;

- воспроизводство кадров для научной и инновационной деятельности.

В Инженерной школе Дальневосточного федерального университета также готовят специалистов по программе «Инвестиционный инжиниринг», которые свяжут свою будущую деятельность с оказанием инженерно-консультационных услуг, направленных на создание крупных инновационных проектов.

Магистрантам, обучающимся по данной специальности, необходимы экономические дисциплины, для того что бы они могли посчитать рентабельность проекта, определить экономическую целесообразность проекта, рассмотреть и предугадать риски, связанные с финансовой частью. Студентам, которые работают над собственными проектами, также важно знать экономическую составляющую. Они должны понимать, каким образом можно сэкономить определенное количество денежных средств, каким образом получить стартовый капитал за счет финансовых институтов и продолжить идею, проект с целью создания собственного бизнеса.

Подготовка специалистов по программе магистратуры предусматривает формирование таких качеств у будущих выпускников, как способность организовать работу творческого коллектива, находить и применять управленческие решения, способность производить оценку экономического потенциала инноваций, способность выбирать оптимальные решения и т.д.

На период обучения в магистратуре, студент изучает комплекс дисциплин таких как, «Инвестиции в инновации и финансовая структура капитала организации» и «Экономическая экспертиза инновационных проектов и мониторинг реализации инноваций». Полученные знания, могут быть применимы студентом в части получения финансирования для собственного проекта. Также, проект может быть представлен в виде формы собственности, например, общества с ограниченной ответственностью, для получения стартового капитала и получения финансовых ресурсов для реализации предложений, мероприятий по проекту.

При всех положительных изменениях в российском высшем образовании за последние годы, следует отметить, что есть еще много проблем, требующих своего решения. Мы считаем, что для нашей страны важно сохранение традиций и развитие наших позиций в системе образования, что специалисты должны обладать не только узким набором знаний и умений в своей профессии, но иметь широкий кругозор, особенно в вопросах политики, права, социологии. Что касается экономики, то, как известно. Она не существует в вакууме. Представители институционального направления в экономической теории это давно доказали. Важно понимать вообще, в каком мире мы живем и в каком направлении он эволюционирует.

Современное состояние высшего образования в России показывает, что необходимость повышения качества экономического образования касается не только подготовки специалистов в области экономики, но и других специальностей. Экономическое образование - важнейший элемент высшего инженерного образования, поскольку нехватка компетентных, экономически подготовленных инженеров существенно тормозит инновационное развитие российской экономики. Не следует забывать, что технический специалист принимает на себя роль ведущего специалиста, руководителя подразделения предприятия или директора организации. Он должен разбираться не только в вопросах техники и технологии, но и экономики, финансов, менеджмента, маркетинга, социологии, психологии, что абсолютно необходимо в условиях рыночной экономики. Вместе с тем, как пишет академик С.П. Капица, : « К сожалению, в России пока не сделаны необходимые шаги для отбора и воспитания управленческих кадров, и должного внимания этим проблемам еще не уделяют».[2]

Формирование экономической культуры специалиста начинается с изучения принципов и закономерностей развития рыночной экономики, ознакомления с основными микро- и макроэкономическими концепциями, усвоения особенностей институциональной экономики, знакомством с инновационными моделями развития экономики предприятий и национального хозяйства в целом. Однако нужно не только иметь знания, но и понимать, глубоко разбираться в том, что собой представляет рыночная система вообще. Так, важно понимать, что такое рыночная система и провести различие между рынком и рыночной системой. Для существования рыночной системы не достаточно просто актов купли - продажи.

Рыночная система – одна из форм координации человеческих действий. Другой формой координации является государственное регулирование экономики в масштабах страны. Существует множество доводов, как в пользу эффективности рыночной системы, так и против, ровно тоже можно сказать и о роли государства в экономике. Что же может рыночная система и чего она не может? На этот вопрос есть хороший ответ: «Она способна координировать человеческое поведение или деятельность в масштабе и с точностью, недоступных прочим системам, институтам или социальным процессам. Но она – суровый и жестокий координатор. Она одновременно друг и враг личной свободы: друг - потому что она открывает обширное пространство выбора для каждого, а враг - потому что она закрывает некоторые важные возможности, которые в противном случае могли бы выбрать свободные люди. Она разрушает огромные исторические неравенства и создает собственные. Она достигает необычной эффективности, поскольку позволяет своим участникам принимать точные и продуманные решения. Но рыночная система крайне неэффективна из-за тех возможностей, которые она закрывает». [4]

Первостепенные проблемы рыночной экономики – это проблемы эффективности и экономического роста. В современных российских учебниках по курсу экономики подчеркивается, что эти проблемы обусловлены ограниченностью ресурсов. Но есть и иная точка зрения, в соответствии с которой : «проблема заключается не в ресурсном ограничении, не в глобальном недостатке энергии, а в социальных механизмах управления и распределения знаний, богатства и земли, что особенно остро проявляется в России». [3] Это доказывает, что молодой специалист должен научиться не только приобретать знания, но и развивать в себе качества критически осмысливать полученную информацию.

Рассматривая, что такое эффективность, недостаточно установить больше или меньше составил выпуск продукции при данных затратах. Определение эффективности связано с нашей системой ценностей. Понятие об эффективности зависит от того, что мы ценим. Проблема сводится к тому, каким образом мы оцениваем выгоды и издержки производства продуктов и услуг. А это, в свою очередь, предопределяется тем, кому принадлежат права собственности на ресурсы и у кого, соответственно, есть право принимать определенное решение. [5] Отсюда следует вывод: права собственности на ресурсы должны доставаться тем экономическим

агентам, которые их ценят больше других, а значит, намерены использовать их с наибольшей эффективностью.

Для повышения эффективности производства и достижения высокого уровня экономического роста необходим целевой подход, а соответственно, формирование системы ценностей, отвечающих требованиям социально-гуманистического общества.

Становление инновационной модели экономического роста требует существенного пересмотра роли человека в производстве. Дело в том, что в условиях инновационной экономики креативный потенциал человека становится частью основного капитала. Возникает понятие инновационного поведения личности, которую отличает самостоятельное мышление и ориентация на постоянное совершенствование, потребность в профессионально-ориентированном общении, готовность к партнерским отношениям.

Специалист по инновациям должен быть сам инновационной личностью, важными свойствами которой являются: склонность к постоянному самообразованию, способность находить новые пути решения проблем, гибкость в ответ на изменения в технике и технологии, изменения в экономических и правовых отношениях. Для успешного воспитания инновационной личности необходимо формирование общей картины взаимосвязанных процессов и явлений в экономической системе; нацеленность на выработку умений применять экономические знания для решения задач конкретной специальности; понимание связи конкретных решений с мерами экономической политики государства.

Литература

1. Багдасарьян Н.Г. Инженерное образование: между миссией и стандартом. // Высшее образование в России. - 2015. - №4. - С.34-42.
2. Капица С. Парадоксы роста: Законы глобального развития человечества / Сергей Капица. - 3-е изд. - М.: Альпина нон-фикшн, 2013. С.139.
3. Там же, С. 165.
4. Линдблом Ч. Рыночная система: Что это такое, как она работает и что с ней делать / пер. с англ. Д. Шестакова, Р. Хаиткулова - М.: Изд. дом Гос ун-та – Высшая школа экономики, 2010. С.25.
5. Хейне П. Экономический образ мышления / пер. с англ. - М.: Изд. «Дело», 1992. С.184-185.

S. Shamets, M. Knyazeva (С.П. Шамец, М.С. Князева)

Omsk State Technical University, Omsk

**NATIONAL STUDENT CONTESTS IN 2016: EXPERIENCE OF
OMSTU (ВСЕРОССИЙСКИЕ СТУДЕНЧЕСКИЕ ОЛИМПИАДЫ
2016: ОПЫТ ОМГТУ)**

Аннотация

*Анонсированы Всероссийские студенческие олимпиады по инженерным дисциплинам с использованием информационных технологий, проводимые на базе ОмГТУ. Представлены варианты заданий по олимпиаде «Инженерный анализ». **Ключевые слова:** информационные технологии, студенческие олимпиады, CAD/CAE/CAM/PDM-системы.*

Омский государственный технический университет (ОмГТУ) регулярно проводит на своей площадке 3-ий этап Всероссийской студенческой олимпиады (ВСО) по инженерным дисциплинам с использованием информационных технологий.

Всероссийские и региональные этапы олимпиад в ОмГТУ проводятся в соответствии с ежегодно утверждаемыми планами [<http://cit.omgtu.ru/images/downloads/plan20162.pdf>], основанными, в т.ч. и на приказах Министерства образования и науки РФ <https://edolymp.ru/> .

В частности, в 2016 году проведены следующие олимпиады в сроки:

- **«Технологическая подготовка производства» - 23 апреля 2016 г.**
- **«Геометрическое моделирование» - 26-27 апреля 2016 г.**
- **«Техносферная безопасность» - 29 апреля 2016г.**

Четвертая олимпиада **«Инженерный анализ»** не включена в План Всероссийской олимпиады студентов 2016 года и была проведена 28-29 апреля 2016 г. по инициативе ОмГТУ совместно с научно-техническим центром «Автоматизированное проектирование машин» (НТЦ АПМ), г. Королёв Московской области.

Участники олимпиад состязаются в личной и командной номинациях. Победители и призёры в личном первенстве награждаются дипломами Минобрнауки России и представляются к награждению премией Правительства Российской Федерации по поддержке талантливой молодёжи, а в

командной номинации – дипломами и призами оргкомитета и спонсоров олимпиады.

География учебных заведений – участников олимпиад и профессиональная направленность последних, практически, устоявшаяся.

В 2016 году участие в олимпиадах приняли 23 команды из различных по профилю подготовки специалистов вузов России (Рис. 1):

Южно-Уральский ГАУ	Уфимский ГНТУ	Уральский ГГУ	Омский ГТУ
Сибирский ФУ ПИ	Сибирский ГУПС	Омский ГАУ	Нац. Исслед. Томский ПУ
Новосибирский ГТУ	Омский УДиТ	Алтайский ГАУ	Тюменский ИУ
Московский ГТУ им Н.Э.Баумана	Нац. Исслед. Технол. Унив. «МИСиС	Ижевский ГТУ им. М.Т.Калашникова	Санкт-Петербургский ПУ Петра Великого
Московский авиационный институт	Ступинский филиал МАИ	Пермский НИПУ	Самарский НИУ им. академика С.П. Королева
Московский ПУ	Алтайский ГТУ им.И. И. Ползунова	Набережночелнинский институт Казанского ФУ	Омский ГТУ
Южно-Уральский ГАУ	Уральский ГГУ	Уфимский ГНТУ	

Рис. 1. ВУЗы-участники ВСО 2016

Далее в качестве примера рассмотрим олимпиаду **«Инженерный анализ»** (ИА).

Олимпиада проводится в ОмГТУ совместно с научно-техническим центром «Автоматизированное проектирование машин» (НТЦ АПМ) (г. Королёв Московской области) с 2002 года.

Перечень ВУЗов – участников олимпиады показан на Рис. 2.



Рис. 2. ВУЗы-участники Всероссийской студенческой олимпиады «Инженерный анализ»

Задания для номинаций олимпиады предлагалось выполнить с использованием модулей CAD/CAM/CAE/PDM-системы APM WinMachine за отведённое время 4 часа.

В личной номинации «**Решение расчетно-проектировочных задач**» участникам раздаются индивидуальные задания, состоящие из чертежа (эскиза) конструкции, условия задачи и формулировка самого задания. В задании 2016 года необходимо было спроектировать модель железнодорожной цистерны опоры котла на раму. Параметры цистерны приведены на рис. 3, опоры спроектировать самостоятельно. Выполнить статический расчет под действием собственного веса и с баком, заполненным водой.

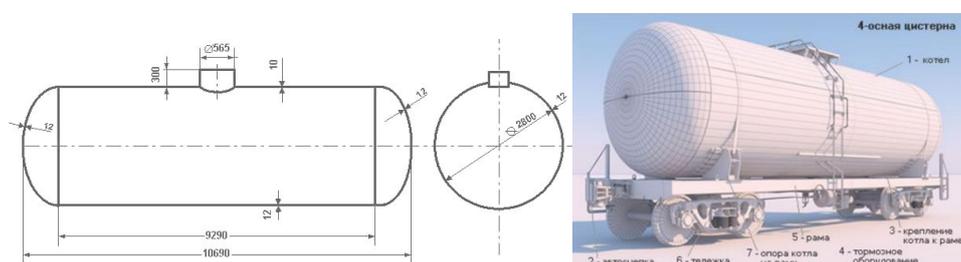


Рис. 3. Задание номинации «Решение расчетно-проектировочных задач»

В командной номинации «**Проектирование конструкций**» соревнования проводятся в командном зачете. Команде ставится задача проектирования конструкции и привод ленточного конвейера по заданным параметрам (см. Рис.4).

Параметр	Значение
Производительность ленточного конвейера, куб.м./ч	до 60
Ширина транспортной ленты, мм.	500
Длина конвейера между осями барабанов, м	до 30
Скорость движения транспортной ленты, м/с	1,3
Нагрузка на погонный метр ленты, кг	до 200
Угол наклона к горизонту не более, град.	35
Шаг роlikоопор несущей ветви конвейера	1,4
Мощность электродвигателя, кВт	4-5,5
Максимальный крутящий момент, Н•м	273-650



Рис. 4. Задание номинации «Проектирование конструкций»

Команда должна за отведенное время спроектировать конструкцию и привод ленточного конвейера, произвести все необходимые расчеты и изготовить конструкторскую документацию. Время выполнения задания – 4 часа.

В 2016 году победителями в личном и командном первенстве стала студенты Сибирского ГУПС.

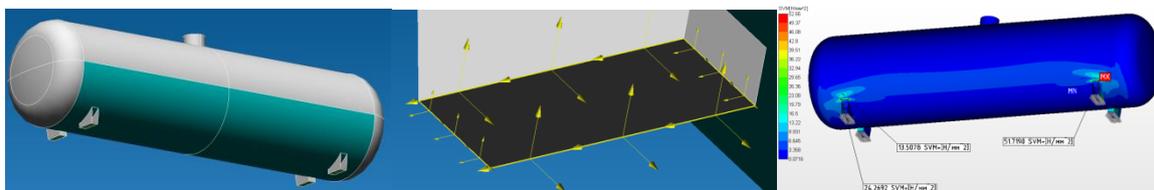


Рис. 5. Работа победителя в номинации «Решение расчетно-проектировочных задач»

На всех студенческих олимпиадах в ОмГТУ с руководителями команд проводятся научно-методические семинары по обмену опытом преподавания инженерных дисциплин, когда это обучение сопровождается использованием соответствующих CAD/CAE/CAM/PDM-систем, дистанционных образовательных технологий, тренажеров и т.п. Участники семинаров делятся своим опытом, берут на вооружение опыт коллег из других вузов (рис. 5).



Рис. 6. Семинар по обмену опытом преподавания инженерных дисциплин

ОмГТУ готов и далее проводить на своей базе 3-й этап ВСО по олимпиадам «Геометрическое моделирование», «Инженерный анализ», «Технологическая подготовка производства» и «Техносферная безопасность».

Приглашаем в 2017 году студенческие команды вузов к участию в этих олимпиадах, а преподавателей – на профильные научно-методические семинары по обмену опытом.

Литература

1. Официальный сайт Всероссийской студенческой олимпиады - <https://edolymp.ru/>
2. Официальный сайт Портала олимпиад ОмГТУ - <http://olimp.omgtu.ru/>

V. Shantarin, , N. Bezzubtseva, Yu. Zemenkov

Tyumen Industrial University, Tyumen

NOOSPHERIC ECOLOGICAL IMPERATIVE IN THE CULTURE OF THE TECHNOCRATIC SOCIETY

T. Shkarina, L. Statsenko, (Т.Ю. Шкарина, Л.Г. Стаценко)

FEFU, Vladivostok

FORMATION OF THE PRINCIPLES OF DEVELOPMENT OF POLYTECHNIC EDUCATION IN RUSSIA AT THE PRESENT STAGE (ФОРМИРОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ РАЗВИТИЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ)

Аннотация

В статье на основе анализа требований к инженерному образованию в России и исторической ретроспективы систематизированы основные принципы политехнического образования, которые могут стать базовыми для формирования специалистов, способных ускорить переход России к шестому экономическому укладу.

Основные понятия

Шестой экономический уклад, политехническое образование, принципы политехнического образования, непрерывное образование, опережающее образование, культура образования, междисциплинарные знания, интердисциплинарные формы обучения.

В настоящее время проблема перехода экономики России на инновационный путь развития является наиболее актуальной и обсуждаемой в научных кругах. Среди дискутируемых вопросов, как правило, рассматриваются вопросы закономерности технико-экономического развития и управления научно-техническим прогрессом. При этом, научно-технический прогресс представляется в виде сложного механизма взаимодействия всевозможных технологических альтернатив, которые отбираются на основе процессов обучения и приспособления общества к новым технологическим возможностям.

Объектом изучения данного исследования является политехническое образование в России.

Предметом исследования – принципы развития политехнического образования.

Вступление России в Болонскую систему породило множество преобразований в системе российских ВУЗов, которые иногда полностью соответствуют словам из гимна революционеров: «весь мирмы разрушим до основания, а затем мы свой, мы новый мир построим...».

В истории России были неоднократные попытки введения в систему образования зарубежной структуры, правил и методов преподавания, которые не всегда приживались в силу ментальности. Еще знаменитый русский философ и публицист Петр Яковлевич Чаадаев писал: « На учебное дело в России может быть установлен совершенно особый взгляд, ему возможно дать национальную основу, в корне расходящуюся с той, на которой оно зиждется в остальной Европе, ибо Россия развивалась во всех отношениях иначе, и ей выпало на долю особое предназначение в этом мире».

Безусловно, движение вперед и интеграция в мировое пространство необходимы, но важно понять, какие основы политехнического образования требуется сохранить и преумножить для инновационного опережающего развития России, а какие могут быть ликвидированы.

Отношение к содержательной части политехнического образования в России менялось в зависимости от экономического и политического развития страны.

В конце XIX века Д.И. Менделеев пропагандировал идею «слияния отдельных высших учебных заведений технического характера в Политехникумы, в которых мне кажется вполне необходимым всегда и факультет экономический, или камеральный, в котором обобщались бы экономические познания, очень часто недостающие у наших узких специалистов».

После революции 1917 года политехническое образование было ориентировано на воспитание творческого, стремящегося преобразовывать не только техническую сторону производства, но и социальную жизнь предприятия и общества. Такая парадигма основывалась на трудах К.Маркса, А.В.Луначарского, К.Д. Ушинского, Н.К. Крупской. Педагогическая теория Крупской была направлена на формирование нового социального типа – активного строителя социализма и коммунизма, а значит всесторонне развитой личности.

Иная точка зрения пропагандировалась известным специалистом по рационализации труда А.К.Гастевым. Александр Константинович и созданный им Центральный институт труда пропагандировали систему нормирования и научной организации труда, направленную на повышение эффективности труда каждого за счет четкого выполнения возложенных функций и глубокого внимания к мелочам. При этом большое значение уделялось формированию трудовой культуры и непрерывного организационного совершенствования.

Особое место в формировании принципов политехнического образования занимают труды И.А. Ильина. Статья Ивана Александровича «Спасение России в качестве» стала своеобразным манифестом, провозгласившем новую философию – философию качества производства.

Создание в России систем организации труда на отдельных предприятиях формулировало требования к специалистам, приходящим на производство, направленные то на наличие углубленных узкоспециализированных знаний, то на наличие комплекса знаний, позволяющих системно решать поставленные задачи. Особая дискуссия развернулась вокруг формирования личности будущего профессионала. Х.Вернике в своей работе «Формирование учебной деятельности студентов» пишет: «целью педагогического процесса является формирование личности, выра-

ботка таких мировоззренческих позиций, установок в отношении обучения, которые обеспечат способность и готовность выпускника вуза как будущего представителя интеллигенции к высоким и наивысшим достижениям для общества» и «главным показателем достижения этой цели педагогического процесса в вузе служит самостоятельность обучения». По словам А.А. Вербицкого, речь идет о «превращении образования из социального института, потребляющего культуру, в институт по обогащению, ее расширенному воспроизводству».

Потребность в постоянной актуализации полученных в результате образования знаний, вызванная необходимостью поспевать за научно-техническим прогрессом, обусловила возникновение различных форм организованного послевузовского образования, например, такого социального института, как повышение квалификации. Теория "непрерывного образования" сегодня принята во всем мире.

Другая концепция – опережающего образования - формируется на основе системообразующего существенного свойства образования, проявляющегося во взаимодействии содержания и процесса передачи знаний, направленных на развитие у человека природной предрасположенности к их получению, и компетенций, позволяющих активно приращивать знания, формировать инновационный, гуманистически ориентированный интеллект, реализующийся в постоянно меняющемся технологическом укладе.

Исходя из вышеизложенного, можно сформировать основные принципы политехнического образования России на современном этапе:

- Изменение философии обучения в части создания точек экономического роста на базе ведущих вузов;
- Формирование новой культуры образования, в рамках которой обучающийся становится основным заинтересованным лицом, способным не только получать предлагаемые знания, но и создавать основу для развития новых знаний;
- Наличие междисциплинарных знаний, присутствие в системе обучения интердисциплинарных форм обучения;
- Формирование системы непрерывного и опережающего образования.

Качественный скачок в развитии современных российских ВУЗов позволяет говорить о возможном и неизбежном развитии научных школ, готовых развивать новые технологии и стратегическое партнерство с кор-

порациями. В свою очередь стратегическое партнерство ВУЗов с корпорациями дает возможность говорить о развитии новых областей знаний, имеющих большое прикладное значение.

Литература

1. Гершунский, Б.С. Педагогические аспекты непрерывного образования/ Б.С. Гершунский – М. : ВВШ , 1987. – №8.
2. Зинченко, Г.П. Предпосылки становления теории непрерывного образования/ Г.П. Зинченко – М. : Сов.педагогика, 1991. – №1.
3. Лукашенко, М. «Вертикальная интеграция в системе образования. Высшее образование в России»/ М. Лукашенко – М. : 2002. – №3.
4. Маслов, В.И. Непрерывное образование: Подходы к сущности / В.И.Маслов, Н.Н.Зволинская, В.М.Корнилов
5. Опыт трудового воспитания А. С. Макаренко в теории и практике отечественной педагогики 50-60-х гг. / Симатова Т.В. – № РГБ ОД 61:02-13/252-4; опубл. 13.00.01. – 157 с. : ил.
6. Особенности политехнической модели высшего образования/ М.П. Федоров // «Мир измерений». : изд. Стандарты и качество – 2009. – №3.
7. Пионова, Р.С «Педагогика высшей школы»/ Р.С. Пионова – М.: 2005.
8. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (1899 – 1999) / Васильева Ю.С.// Санкт-Петербург: Историческая иллюстрация, – 1999. – 216 с.
9. Ситдикова, Л. М. «Внутрифирменное непрерывное образование и участие университетов в нем. Развитие стратегического подхода к управлению в российских университетах»/ Л.М. Ситдикова – М. : Казань – 2001. – 317-321 с.
10. Токмовцева, М.В. «Многоуровневое профессиональное образование в России. Закон»/ М.В. Токмовцева – М. : 2006. – №4. – 34-39 с.
11. Калюзняк Н.В., Шкарина Т.Ю. «Проблемы заочного образования и пути их решения(на примере инженерной школы ДВФУ» Педагогическое мастерство и педагогические технологии.2015.т.1№4(б).с.57-59.

E. Shtager (E.B. Шмагер)

FEFU, Vladivostok

**THE PRINCIPLES OF DESIGNING AN INTEGRATED MODEL OF
BASIC KNOWLEDGE OF THEORETICAL MECHANICS
(ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕЛОСТНОЙ МОДЕЛИ
БАЗОВЫХ ЗНАНИЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ)**

Аннотация

В докладе последовательно описываются теоретико-практические основы презентации научного и предметного знания теоретической механики как фундаментальной базы всех дисциплин механического цикла. Показано, что разработка и включение в образовательный процесс целостной модели фундаментальных знаний теоретической механики предполагает комплексную реализацию методологического, структурно-содержательного и процессуально-деятельностного аспектов. Такой подход позволяет наиболее эффективно формировать устойчивое ядро знаний механики в ходе изучения всех дисциплин механического профиля.

Интегративный характер современной инженерной деятельности с необходимостью требует создания таких технологических подходов к организации учебного процесса в вузе, которые обеспечат формирование целостной системы инженерной подготовки. По-сути, речь идет о необходимости проектирования системной модели инженерных знаний, позволяющей наиболее эффективно формировать устойчивые ядра учебно-профессиональной информации по каждому образовательному направлению.

Вместе с тем в предметной структуре инженерной подготовки выделяются такие учебные дисциплины, изучение которых призвано обеспечить формирование фундаментального ядра знаний для целого ряда направлений техники и технологии. К таким дисциплинам относится *теоретическая механика*, организующая научную базу всех дисциплин механического цикла – сопротивления материалов, теории механизмов и машин, деталей машин и основ конструирования, гидравлики. Так, наука о прочности и деформируемости материалов и элементов машин и сооружений – сопротивление материалов – в качестве теоретической платформы имеет статику теоретической механики, а через нее и теорию упруго-

сти, являющуюся разделом механики сплошных сред. Теория механизмов и машин в своем основании имеет фундаментальные положения кинематики и динамики механических систем теоретической механики. Гидравлика базируется в конечном итоге на динамике сплошных сред, фундаментальные основания которой закладываются в теоретической механике. Учебная дисциплина “Детали машин и основы конструирования” представляет профессионально-деятельностные методы расчета различных механических конструкций, теоретической основой которых является научное знание теории механизмов и машин и сопротивления материалов. Совершенно очевидно, что через фундаментальное знание теоретической механики реализуется генеральная линия связи между всеми предметными областями дисциплин механического цикла.

Однако традиционный подход к изучению теоретической механики в техническом вузе основывается на анализе ее научного знания в основном только на уровне законов механики. Такое положение предопределено исторически сложившейся в российской инженерной школе необходимостью использования теоретико-практической базы дисциплины главным образом в качестве средства решения определенного рода технических задач. Тем самым в структуре представления теоретических основ механики, в большинстве рекомендуемых к использованию при изучении дисциплины учебников и учебных пособий, наблюдается заметное влияние формализма. Формализм проявляется в представлении механики как аксиоматической системы, основы которой постулируются, а выбор исходных понятий – дело соглашения. Такой подход структурирует предметное знание теоретической механики в ряд фрагментарных образов, что снижает целостность восприятия всей учебной информации, логику и предметность развития научного знания механики на всем «поле» инженерной подготовки.

В этой связи особое значение приобретает разработка и включение в образовательный процесс целостной модели базовых знаний теоретической механики, позволяющей формировать профессионально-деятельностное ядро механики в ходе изучения всех дисциплин механического цикла. Автором на протяжении ряда лет проводятся исследования концептуальных и организационно-методических основ междисциплинарной образовательной технологии. Было показано, что для решения этой задачи необходимо комплексно реализовать следующие аспекты

предметной подготовки по теоретической механике – *методологический, структурно-содержательный и процессуально-деятельностный*.

Формирование *методологического аспекта* предметных знаний по теоретической механике предполагает выявление и привнесение в процесс изучения дисциплины общего философско-методологического базиса, позволяющего организовать иерархическую категориально-понятийную систему научной теории механики. Такая понятийная система представляет собой фундаментальное ядро предметного знания механики, что позволяет связать между собой на основе единой методологии предметное содержание всех дисциплин механического цикла.

Структурно-содержательный аспект реализуется посредством организации изучения дисциплины на базе универсального алгоритма презентации учебной информации теоретической механики. В качестве такого алгоритма выступает логическая структура предметного содержания дисциплины, упорядоченная на основе категориально-понятийного строения научной теории механики и отраженная в рабочей программе предмета.

Процессуально-деятельностный аспект обеспечен разработкой дидактического инструментария, позволяющего наиболее полно представить предметное знание теоретической механики в виде целостной навигационной системы, задающей единый вектор ориентировки во всем множестве учебной информации дисциплины. В качестве методологической основы формирования дидактического обеспечения была привлечена концепция фреймов, адаптированная к системе обучения. Универсальный характер фреймовой теории представления знаний позволил ввести в учебный процесс новую организационно-методическую форму системного представления структуры и содержания учебной информации дисциплины – дидактический фрейм (ДФ). ДФ представляет собой «раздаточный материал» - бумажный носитель информации, рабочее тело которого состоит из четырех слотов (разделов). Каждый слот объединяет тот или иной фрагмент предметной области дисциплины, подлежащий усвоению и характеризующийся различной функциональной направленностью.

Особую значимость в структуре фрейма имеет слот I «Логико-понятийный комплекс научной теории механики». Данный слот содержит взаимосвязанную понятийную систему научного знания соответствующего раздела учебного предмета, получившую название логико-понятийного модуля (ЛПМ). По своей сути ЛПМ – фундаментальный понятийный ин-

вариант любого научного знания, предназначенный для предоставления обучаемым ориентирующей мировоззренческой основы знаний по дисциплине, позволяющей систематизировать, обобщать, анализировать и самостоятельно применять полученную в ходе аудиторной работы учебную информацию. Структурная организация каждого ЛПМ определяется на базе анализа структурно-логического графа понятийного содержания научной теории механики. Поэтому все логико-понятийные модули связаны в иерархический ряд, последовательно раскрывающий категориально-понятийное строение курса. Тем самым комплекс формируемых дидактических фреймов «автоматически» ориентируется на предоставление системно-целостного знания предмета. Вместе с этим ЛПМ представляют собой междисциплинарную структуру учебного материала всех дисциплин механического цикла.

Слот II обозначен как «Предметно-теоретический блок учебного материала дисциплины», представляющий собой модель базовых инженерных знаний.

Учебно-познавательные задачи, носящие междисциплинарный характер с комплексом методических указаний для их решения объединены слотом III. Функциональную значимость данного слота можно охарактеризовать как определенным образом стандартизованную форму описания некоторого фрагмента уже осуществленной познавательной деятельности, ориентированную на создание условий для воспроизведения этой деятельности на всем поле инженерной подготовки.

Дидактический фрейм выполняет функции управления учебными действиями студентов за счет организации внутри каждого ДФ входного, текущего и выходного контроля знаний. Совокупность контролируемых характеристик и балльно-рейтинговая шкала оценки усвоения знаний (необходимая для перевода показателей подготовленности по предмету в зачетные единицы) приведены в слоте IV «Карта контроля знаний по дисциплине». Такой подход позволяет не только преподавателю, но и каждому обучаемому самостоятельно высчитывать свой текущий рейтинг.

Представленная «стратегия» организации подготовки по теоретической механике апробирована в течении ряда лет в порядке педагогического эксперимента на различных инженерных направлениях вуза. Статистическая обработка полученных результатов позволила констатировать положительную динамику обучаемости, развитие структурно-

функциональных компонент мышления, способности к самоорганизации и, как следствие, повышение мотивационного фона у студентов, занимающихся в рамках представленной учебно-методической формы обучения.

Литература

1. Штагер Е.В. Принципы проектирования содержательной целостности образовательного пространства дисциплин механического профиля // Научное обозрение. – 2008. - № 1. – С. 16-18.

2. Штагер Е.В. К вопросу реформирования структуры курса теоретической механики в техническом вузе // Фундаментальные исследования. – 2008. - № 12. – С. 31-35.

3. Штагер Е.В. К вопросу построения информационной модели базовых инженерных знаний // Успехи современного естествознания. 2008. - № 10. – С. 23-26.

4. Кедров Б.М. Взаимодействие наук как общенаучная проблема // Методологические проблемы взаимодействия общественных, естественных и технических наук: Сб. науч. трудов. – М.: Наука, 1981. – С. 40-48.

G. Tsitsiashvili, V. Lelyukhin, M. Osipova, O. Kolesnikova

(Г. Ш. Цициашвили, В. Е. Лелюхин, М. А. Осипова, О. В. Колесникова)

FEFU, Vladivostok)

ON THE ISSUE OF TRAINING OF STUDENTS OF ENGINEERING SPECIALTIES ON DISCRETE MATHEMATICS (К ВОПРОСУ О ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ПО ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКЕ)

Аннотация

В работе рассматриваются актуальные вопросы обеспечения качества математической подготовки инженерных кадров в вузе. Сегодня для базовой подготовки инженеров используются программы обучения, сформированные в середине прошлого столетия, основанные на классической математике и практически не претерпевшие существенных изменений. С учетом широкой информатизации современного общества и повсеместного распространения цифровых информационных технологий назрела необходимость пересмотра содержания математических дисциплин в сторону увеличения объема дискретной математики. Это обеспечит необ-

ходимый математический фундамент для оперирования со структурными и структурно-параметрическими моделями при изучении фундаментальных и прикладных дисциплин.

Жизнь современного человека насыщена информационными технологиями. Для свободной ориентации в информационных потоках современный специалист должен уметь получать, обрабатывать и использовать информацию с помощью существующих средств и методов [1]. Все перечисленные задачи выполняются в соответствии с некоторыми математическими формулами и алгоритмами. Поэтому одной из важнейших задач системы образования, особенно для естественнонаучных и инженерных специальностей, является качественная математическая подготовка специалистов.

Следует отметить, что качество математической подготовки в вузе зависит не только от методик преподавания и личностей преподавателя, но и от программы обучения, т.е. комплекса преподаваемых дисциплин и разделов.

История развития средств вычислений уходит корнями в Древнюю Грецию и Древний Рим, где примерно с IV века до нашей эры для арифметических вычислений применялись счетные доски под названием абак.

В 19 веке Чарлзом Бэббиджем была создана первая механическая машина для вычислений (разностная машина), которая могла вычислять со скоростью 12 членов последовательности в минуту. Впоследствии Бэббидж описал образ программируемой вычислительной машины, которую он назвал аналитической. Её архитектура во многом схожа с архитектурой современных цифровых компьютеров.

За последние 50 лет в мире произошли коренные изменения, связанные с широким распространением информационных и коммуникационных технологий. Менялись поколения ЭВМ от ламповых устройств до микрочипов, также возникали новые науки и их разделы, например, кибернетика, программирование, информатика и пр.

Параллельно с описанными устройствами, где основным объектом преобразований являются числа, представленные в цифровом виде, с начала 19 века стали появляться и широко использоваться аналоговые решающие устройства.

Одним из первых примеров является аналоговое устройство, созданное Иоганном Германом в 1814 году, которое предназначалось для нахождения площади, ограниченной замкнутой кривой на плоскости. К концу 19-го века польский математик Абданк-Абаканович разработал теорию интерграфа, некоего аналогового устройства, позволяющего найти интеграл от произвольной функции на плоском графике.

В России в 1904 году инженер Алексей Крылов изобрел первую механическую вычислительную машину, решающую дифференциальные уравнения, которая применялась при проектировании кораблей. А в 1912 году по этому проекту создана машина для интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. В 1930 году в США Ванневар Буш создает механическую интегрирующую машину для быстрого выполнения расчётов траектории стрельбы корабельных орудий, а в 1942 году строится аналогичная электромеханическая машина.

В начале 40-х годов существенным толчком для создания и эксплуатации электронных аналоговых компьютеров является разработка в США операционного усилителя постоянного тока, с достаточно высоким коэффициентом усиления, что обеспечило производство аналоговых устройств без применения движущихся частей.

В 1945-1946 годах в СССР под руководством Льва Гутенмахера изобретены первые электронные аналоговые машины, а в 1949 году изобретён ряд АВМ на постоянном токе. Это положило начало развитию аналоговой вычислительной техники в СССР.

Принцип действия аналогового компьютера заключается в имитации процесса с использованием электрических сигналов для выполнения аналоговых вычислений. В те годы такие компьютеры идеально подходили как для изучения различных непрерывных процессов и их характеристик, а так и для осуществления автоматического контроля над непрерывными производственными процессами.

В ряде случаев, где не очень важна точность с помощью аналоговых компьютеров, можно решать целый ряд задач. Например, задачи, требующие решения дифференциальных уравнений, интегрирования или дифференцирования. Результаты работы аналогового компьютера выводятся, как правило, в виде графиков на бумаге или на экране осциллографа.

Однако, несмотря на достаточно широкое применение аналоговой вычислительной техники в мире, за короткий период полтора-два десятка

лет (к концу 70-х годов) цифровая вычислительная техника практически полностью вытесняет аналоговые вычислительные машины.

Одной из причин такой метаморфозы является общеизвестный недостаток аналоговых машин - изменение характеристик (передаточных отношений) и соответственно результатов при неизменных значениях входных сигналов как в зависимости от окружающей среды (температурных, электромагнитных, емкостных воздействий), так и от внутренних шумов в операционных усилителях и в других элементах. Это существенно ограничивает точность расчетов и стабильность получаемых результатов.

Другой причиной является ограниченная способность аналоговой техники оперировать только с параметрическими моделями. В отличие от неё цифровая вычислительная техника, основным принципом которой является преобразование дискретных сигналов, позволяет оперировать со структурными и структурно-параметрическими моделями.

Несмотря на описанные существенные изменения в развитии информационных технологий на сегодняшний день цифровая техника во всех сферах деятельности человека является неотъемлемым атрибутом. В связи с этим появляется необходимость в модернизации общей базовой подготовки инженерных кадров по математике.

Много публикаций [2] - [5] посвящено методам изучения и форме преподавания математических дисциплин, однако содержание комплекса математических дисциплин (подготовки) остается за гранью публичного обсуждения.

Если посмотреть на определенные ранее федеральными государственными стандартами программы изучения математики, то можно выделить следующие разделы: линейную алгебру и аналитическую геометрию, последовательности и ряды, дифференциальное и интегральное исчисления, гармонический анализ, дифференциальные уравнения, численные методы, функции комплексного переменного, элементы функционального анализа, теорию вероятностей и математическую статистику.

Основной упор в математической подготовке делается на дифференциальное и интегральное исчисление и на решение дифференциальных уравнений. Следуя современным тенденциям, мы предлагаем на некоторых инженерных специальностях, где это востребовано, дополнить изучаемые разделы математики такими разделами дискретной математики, как

математическая логика, теория графов, комбинаторика, теория алгоритмов и другими.

В качестве примеров необходимости таких шагов в математической подготовке укажем на следующие прикладные задачи дискретной математики. Во-первых, расчет и анализ сетей массового обслуживания, которыми сейчас [6] моделируются системы передачи информации, компьютерные сети и облачные вычисления. Во-вторых, наноструктуры, которыми [7] моделируются и исследуются фуллерены и графены, играющие важную роль при создании современных материалов. В-третьих, ставшие классическими задачи расстановки размеров на чертежах с учетом допусков на эти размеры.

Более подробно остановимся на недавно решенной [8] нашим коллективом авторов задаче о расстановке размеров на чертеже. Пусть деталь спроектирована на одну из координатных осей и размеры между реперными точками устанавливаются так, чтобы эти точки вместе с размерами образовывали взвешенный граф-дерево. Вершинами графа являются точки на размерной оси, ребрами – пары реперных точек, для которых указывается размер, а весами – допуски на эти размеры. По допускам на указанные в дереве размеры можно вычислить допуски на размеры между всеми парами реперных точек.

Все эти задачи используют методы дискретной математики, которой в классическом математическом образовании уделяется явно недостаточное внимание.

Литература

1. Информатика. Учебник. - 3-е перераб. изд. //Под ред. проф. Н.В. Макаровой. - М.: Финансы и статистика, 2000. - 768 с.

2. Берникова И.К. Корректировка математической подготовки первокурсников для освоения математики в вузе// Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. Материалы II межвузовской научно- методической конференции, 2012. Омск: ОмГТУ, с. 35-38.

3. Мухаметдинова С. Х. Формирование профессиональных компетенций при обучении математике студентов технических направлений подготовки// Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. Материалы II межвузовской научно- методической конференции, 2012. Омск: ОмГТУ, с. 122-124.

4. Батехина Н.В. Практические предпосылки возникновения формализма в знаниях студентов при обучении высшей математике в техническом вузе// Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. Материалы II межвузовской научно- методической конференции, 2012. Омск: ОмГТУ, с. 21-27.

5. Котюргина А.С., Купш А.Г. Омский государственный технический университет, г. Омск. О применении пакета maple при изучении некоторых разделов высшей математики// Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. Материалы II межвузовской научно- методической конференции, 2012. Омск: ОмГТУ, с. 81-83.

6. Serfozo R. Introduction to Stochastic Networks. New York. Springer Verlag. 1999.

7. Buchstaber V.M., Erokhovets N.Yu. Graph-truncations of simple polytopes// Proc. of Steklov Math. Inst. Maik. Moscow. 2015. Vol. 285.

8. Tsitsiashvili G.Sh., Lelukhin V.E., Kolesnikova O.V., Osipova M.A. Definition of tolerance size in some coordinate direction// Applied Mathematical Sciences. Vol. 9. 2015, no. 136. P. 6783-6790.

*1 V. Verevkin *, 2 A. Burkov (B.Ф. Веревкин, А.Ф. Бурков)*

¹**Admiral Nevelskoy Maritime State University, Vladivostok**

²**FEFU, Vladivostok**

**POLYTECHNIC ENGINEERING EDUCATION AT MARITIME
UNIVERSITY (ИНЖЕНЕРНОЕ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ В МОРСКОМ ВУЗЕ)**

Аннотация

Техническое образование в морском вузе следует осуществлять как политехническое ввиду особенностей эксплуатации морских подвижных объектов: различных судов, буровых платформ, плавучих технических устройств. Особенность эксплуатации морских объектов заключается в длительной работе их вне сферы действия береговых сервисных центров. Авторы на основании большого опыта работы на судах морского флота и преподавания в технических вузах излагают особенности реализации инженерного образования в морском вузе.

Ключевые слова: Образование, политехнический, морской, инженер, учебный план.

Общие положения

Среди множества инженерных профессий, есть профессии, связанные с различными видами транспорта – автомобильного, железнодорожного, авиационного и водного. Железнодорожники и автомобилисты всегда связаны с землей, и техническая помощь в критических ситуациях может быть получена в возможно короткое время. Авиационные перелеты длятся не более десятка часов, и на аэродромах всегда присутствуют технические специалисты. А вот моряки и рыбаки в море могут находиться без заходов в порты месяцами, и в необходимых случаях техническая помощь не всегда может быть оказана в ближайшие сроки. Эта особенность работы морских технических специалистов накладывает на их подготовку особые требования.

Наряду с глубокими узкопрофессиональными знаниями каждый морской инженер, работающий на судах, должен обладать определенными знаниями в смежных областях науки и техники, то есть образование морских специалистов в полном смысле этого слова должно быть политехническим.

Политехнический характер образования нынешних инженеров в какой-то мере обеспечивается учебными планами технических вузов, которые предусматривают получение студентами (курсантами) определенного объема знаний не только по избранной специальности (судомеханической или электромеханической), но и по общеинженерным дисциплинам (физике, материаловедению, информатике, теоретической и прикладной механике, теории и устройству судна и т.д.).

Суть проблемы

Как было отмечено ранее, работа морских инженеров (электромехаников и в какой-то мере судомехаников) имеет свою специфику. Продолжительность рейсов морских судов может составлять многие месяцы без заходов в порты. При возникновении нештатных ситуаций с судовым оборудованием необходимы быстрые, порой нестандартные решения, которые может принять только хорошо подготовленный специалист.

В судовом экипаже в составе машинной команды насчитывается несколько судомехаников (не менее трех человек) и, как правило, только один электромеханик, даже может не быть электрика. Только на судах с электродвижением, на крупных пассажирских судах и рыбодобывающих плавбазах число электромехаников может быть больше одного. Когда на обычном теплоходе возникает нештатная (даже аварийная) ситуация, механики могут собрать «консилиум» и сообща найти приемлемое решение, позволяющее выйти из сложной ситуации. Электромеханик же на обычном судне находится в сложном положении, так как он как «электрических» специалистов на судне больше нет, и посоветовать ему в профессиональном плане никто не поможет, а помешать могут многие.

Если рассматривать современное морское судно образно как живой организм, то судоводители являются как бы органами чувств, мозгом судового организма. Судомеханики – это мускулы, сила. А электромеханики – сердце судового организма, и электроэнергетическая система – это кровеносная система. Если нет кровообращения, то в первую очередь умирает мозг, затем весь организм. Поэтому в критических ситуациях очень многое зависит от электромеханика, от его знаний, практических навыков, умений (сейчас появился новый термин – компетенций). Причем зачастую от электромеханика требуются решения не только чисто электротехнические, но и решения нестандартные, связанные с его познаниями в смежных областях, с его общеинженерной «политехнической» культурой.

Заключение

К подготовке судовых технических специалистов плавсостава, особенно судовых электромехаников, нужно подходить с осознанием важности их роли на судне, их ответственности за судьбы всего экипажа. Перечень специальных предметов, включаемых в учебный план их обучения, должен быть выверен с учетом будущей их профессиональной деятельности, хотя в последние годы наблюдается сокращение сроков теоретического обучения электромехаников на полгода при одновременном увеличении обязательного плавательного ценза на 50%. Только политехническое (широкое) образование с глубоким изучением специальных предметов и при этом с элементами гуманитаризации технического образования способно дать нормального специалиста для работы на морских судах.

Литература

1. Веревкин В.Ф., Бурков А.Ф. Исторические аспекты в изучении специальных дисциплин. Материалы XXIX научно-методической конференции «Обеспечение качества профессионального образования», Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2005.
2. Веревкин В.Ф. Подготовка судовых электромехаников на современном этапе. «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока», Новосибирск: Изд-во НГАВТ.- №1, 2012.
3. Веревкин В.Ф. Особенности подготовки судовых электромехаников. Материалы XXXVI международной научно-методической конференции «Проблемы качества образования», Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2013.
4. Веревкин В.Ф. Гуманитаризация технического образования. Материалы XXXVII международной научно-методической конференции «Проблемы качества образования», Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2015.

T. Vladimirova, S. Tretyakov (Т.М. Владимирова, С.И. Третьяков)

Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk

COMPETENCY APPROACH AND CDIO USED FOR TRAINING OF BACHELORS WITHIN THE "INTRODUCTION TO ENGINEERING» DISCIPLINE (ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА И CDIO ПРИ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ В РАМКАХ ДИСЦИПЛИНЫ «ВВЕДЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ»)

Аннотация

В статье рассматривается опыт применения компетентностного подхода и требований стандартов CDIO при подготовке бакалавров технико-технологических направлений подготовки в рамках дисциплины «Введение в инженерную деятельность». Главная цель данной дисциплины при подготовке бакалавра, это формирование у студента инженерной ментальности. Инженерное мышление отражает способность выпускника к будущей профессиональной деятельности, и в рамках компетентностного подхода выражается в проектно-внедренческой компетенции. Проектно-конструкторская компетентность для бакалавров технико-технологических направлений подготовки является основной в инженерной деятельности, что определяет важность ее формирования.

Современная система высшего профессионального образования в России постоянно изменяется. Кардинальным шагом образовательной реформы бесспорно является внедрение двухуровневой системы подготовки бакалавриат – магистратура, согласно концепции европейских рекомендаций по управлению качеством образовательной деятельности в вузе в рамках Болонского процесса. В соответствии с требованиями международных стандартов качества образования содержательно изменилась и внутренняя документация образовательного процесса вуза: ОПОП, учебные планы направлений подготовки. При довольно неоднозначном отношении и управленческих и педагогических кадров российских вузов, необходимо все же отметить, что основополагающими факторами таких перемен становятся требования, предъявляемые современным рынком труда. Работодателями сегодня востребованы кадры, владеющие широким кругом знаний, способные к быстрой адаптации в изменяющейся внешней среде и принятию взвешенных самостоятельных решений. Главным критерием выбора будущей профессии, без сомнения, для большинства современных молодых людей является ее социально-экономическая привлекательность, востребованность на рынке труда [1, с. 466]. Поэтому к выпускникам учебных заведений предъявляются требования практических знаний и умений, владения определенными профессиональными навыками.

В тоже время нельзя не отметить тенденцию современного образовательного процесса в вузах преобладания лекционной части курса над практическими занятиями. Поэтому, для того чтобы отвечать запросам современного рынка труда и подготовить востребованного выпускника, необходимо изменять направление процесса обучения, путем внедрения компетентностного подхода в образовании [2, с. 39].

Одним из современных подходов при подготовке бакалавров является реализация в образовательном процессе идей Всемирной инициативы CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate), которая в рамках компетентностного подхода может рассматриваться как формирование у студентов проектно-внедренческой компетентности.

Четвертый стандарт CDIO носит название «Введение в инжиниринг» и раскрывает значимость инженерного дела в рамках подготовки бакалавров технико-технологических направлений подготовки. По своему назначению «Введение в инжиниринг» это вводный курс, закладывающий ос-

новы инженерной практики в области создания продуктов и систем и обучающий основным личностным и межличностным компетенциям [3, с.8].

В рамках реализации основных образовательных программ САФУ для бакалавров технико-технологических направлений подготовки, в базовую часть образовательной программы входит дисциплина «Введение в инженерную деятельность», которая создает теоретическую и практическую основу для изучения профессиональных дисциплин учебного плана.

Целями освоения дисциплины «Введение в инженерную деятельность» являются оформление комплекса знаний об организации работы по повышению научно-технических знаний, развитию творческой инициативы, рационализаторской и изобретательской деятельности, о внедрении достижений отечественной и зарубежной науки, техники, в использовании передового опыта, обеспечивающих эффективную работу учреждения, предприятия для контроля качества продукции и технологических процессов. Другими словами, главная цель введения данной дисциплины в программу подготовки бакалавра, это формирование у студента инженерного мышления – «инженерной ментальности». Инженерное мышление отражает способность выпускника к будущей профессиональной деятельности, поэтому в рамках компетентного подхода подготовки бакалавров она закрепляется в проектно-внедренческой компетенции.

Проектно-внедренческая компетентность понимается как личностная, интегративная, формируемая характеристика способности и готовности выпускника, проявляющаяся в проектировании на основе владения специальными проектно-конструкторскими знаниями и умениями, использования современных технологий и средств проектирования, обоснованного выбора и оптимизации в случае многовариантности решений; учета быстрого изменения технологий [5, с. 156-157].

Для инженерной деятельности проектно-конструкторская компетентность является ключевой, поэтому ее формирование для бакалавра так важно. Детализация структуры проектно-внедренческой компетентности позволяет представить ее как совокупность компонентов: мотивационно-ценностного, когнитивного, деятельностного, рефлексивно-оценочного и личностного.

Согласно концепции реализации дисциплины «Введение в инженерную деятельность» САФУ, формирование проектно-внедренческой компетенции может быть охарактеризовано рядом критериев и соответствую-

ющим им уровням сформированности. Первоначально на этапах ориентирования и приобщения у студентов формируется ценностная компонента проектно-внедренческой компетенции путем развития интереса к будущей профессии. Этому способствует также параллельное изучение дисциплины «Введение в специальность», равным объемом 3 ЗЕТ. Студенты рассматривают сферу будущих профессиональных интересов в различных аспектах: историческом, экономическом, социальном и экологическом.

Согласно ФГОС, а также Рабочим учебным планам САФУ, в рамках дисциплины предусмотрено выполнение студентом курсовой работы, которая направлена на раскрытие социального и деятельностного компонента проектно-внедренческой компетенции. Курсовая работа позволяет подготовить студентов к проектной деятельности разнообразной направленности. Для раскрытия социального контекста студенты выбирают различные виды продукции, работ и услуг и оценивают ее наиболее значимые показатели для конечного потребителя. Деятельностный компонент раскрывается в самостоятельной работе студента через приобретаемый творческий опыт. Выполнение курсовой работы позволяет развить такие виды деятельности как: информационный поиск, систематизацию, обобщение информации, ее структурирование, формулировку и анализ идей, процесс решения проблемы.

Наиболее значимым этапом, требующим пристального контроля преподавателя, необходимым для закрепления проектно-внедренческой компетенции, является рефлексивно-оценочный. Студент должен осознать избранный способ деятельности, зафиксировать его и в дальнейшем снова осознанно применять его.

Кроме того в рамках дисциплины развивается и личностная составляющая проектно-внедренческой компетенции. Так, студенты получают возможность раскрыть свои способности быть лидером, поддерживать коммуникацию, владеть способами самообучения и саморазвития в профессиональной сфере, а также самоконтроля.

Выделенные критерии оценки сформированности компетенции служат исходным моментом для определения уровней развития данного качества у студентов-бакалавров технико-технологического направления подготовки.

Таким образом, применение компетентностного подхода и требований стандартов CDIO при подготовке бакалавров в рамках дисциплины

«Введение в инженерную деятельность» доказывает необходимость проведения образовательных реформ и служит исходным моментом для определения оценки их эффективности. Стандарты CDIO помогают вузу определить цели и задачи, которые он должен поставить себе для достижения общественно-профессионального признания в мире.

Литература

1. Владимирова Т.М. Проблемы психологической адаптации студентов газонефтедобывающих специальностей / Трубопроводный транспорт-2015: материалы X Международной учебно-научно-практической конференции/ Уфа: изд-во УГНТУ, 2015. – СС. 466-468.

2. Владимирова Т.М., Третьяков С.И. Компетентный подход в разработке собственного образовательного стандарта Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова по направлению подготовки магистратуры "Стандартизация и метрология// Инженерное образование, № 17. – 2015. – СС. 39-44.

3. Международный семинар по вопросам инноваций и реформированию инженерного образования «Всемирная инициатива CDIO»: Материалы для участников семинара (Пер. С.В. Шикалова) / Под ред. Н.М. Золотаревой и А.Ю. Умарова. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2011. – 60 с.

4. Тонкошкурова И.В. Становление профессиональной ментальности инженера в образовательном процессе вуза: Автореф. на соискание ученой степени канд. пед. наук. – Красноярск, 2013. – 25 с. Библиотека авторефератов и диссертаций по педагогике <http://nauka-pedagogika.com/pedagogika-13-00-08/dissertaciya- stanovlenie-professionalnoy-mentalnosti-inzhenera-v-obrazovatelnom-protsesse-vuza#ixzz42yJwJscn> стр. 13-14

5. Осипова С.И., Ерцкина Е.Б. Формирование проектно-конструкторской компетентности студентов-будущих инженеров в образовательном процессе // Сибирский педагогический журнал. 2007. №14. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-proektno-konstruktorskoj-kompetentnosti-studentov-buduschih-inzhenerov-v-obrazovatelnom-protsesse> (дата обращения: 15.03.2016).

O. Zhuchkov, O. Tupikova (O.A. Жучков, O.A. Тупикова)

FEFU, Vladivostok

**ON THE WAY TO INNOVATIVE ENGINEERING
(НА ПУТИ К ИННОВАЦИОННОМУ ИНЖИНИРИНГУ)**

Аннотация

В докладе рассматривается инженерный подход к инновационному менеджменту с выделением приоритета технологических и организационных инноваций. Через призму рывков промышленного развития России (индустриализации) обсуждается современный период необходимости и такого развития в контексте шестого технологического уклада, понятие и роль инновационных инженеров этой проблеме. Высказывается мнение об ошибочности потребительских приоритетов в высшем профессиональном образовании и недостаточности внимания к отечественному опыту подготовки инженеров (на примере трех базовых инженерных специальностей политехнического образования).

Современное понимание и определение инновации основывается на таких критериях, как: новизна, товарность, рыночная востребованность, наукоемкость, статус интеллектуальной собственности, положительный эффект. Этим и определяется феномен инновации.

По нашему мнению, определяющими инновациями являются технологические и организационные. Первые определяются технологическим укладом, характерным глобально для исторического периода в мире, и конкретно для каждой страны (национальной экономики), определяя ее место в группировке приоритетов – от наиболее развитых до отсталых. Для современной России характерно одновременно наличие четвертого и пятого укладов (волны 1930-1990 и 1985-2035 годов). Причиной этого считают большие возможности экстенсивного развития (огромная территория, дешевые природные ресурсы и рабочая сила), последствия многочисленных войн, низкий уровень интеграции с развитыми странами) [1].

Организационные инновации затрагивают структуру и процессы, производственную и информационную технологии, организационную культуру, персонал (повышение квалификации, переквалификацию, высвобождение).

Исторически Россия по крайней мере дважды проходила путь индустриализации в рамках первого и четвертого укладов, отставая от наиболее развитых в промышленном отношении стран. При этом сочетались внешние закупки оборудования и технологий, использование зарубежного опыта и собственных разработок. Все это, как не парадоксально, обеспечило производственно-хозяйственные успехи в государстве как раз к началу первой и второй мировых войн (1913 и 1940 годы), позволило выстоять и осуществить послевоенное развитие.

В рамках пятого технологического уклада рождается шестой. Это развитие совершенно разных технических наук, связанных с наноструктурой, бионанороботов, совершенно новых материалов, печати 3Д и большей многомерности, двигателей, работающих на новых физических принципах, тонкой химии, альтернативной энергетики и др. В связи с этим можно констатировать наличие периода очередной индустриализации России и стремление отечественных предприятий приобретать новое оборудование и технологии, вполне передовые, европейского уровня. На них в общей доле импорта, по крайней мере до 2014 кризисного года, приходилось более 50%. Есть сведения, что на Россию приходится около 10% мировых закупок промышленных роботов. Однако, для того, чтобы стать значимым промышленным центром Европы, необходима более внятная государственная политика в части национальной инновационной системы (НИС).

Жизнь показывает, что в наше время нужны не просто инженеры, а инновационные инженеры [2]. Определим их как людей, умеющих решать нестандартные задачи нестандартными методами, создавать новые технологические процессы, «образовывать новые комбинации известных знаний». А это и есть творческие, или как теперь говорят креативные, специалисты. Чтобы такие специалисты были, необходимы соответствующие приоритеты и механизмы в системе высшего профессионального образования (ВПО) и национальная экономика, создающая спрос на новые технологии.

Между тем, по мнению таких профессионалов мирового уровня, лояльных к России и даже сотрудничающих с ней, «в России такой профессии нет. Развитие идет только в областях, которые обслуживают специальные отрасли промышленности: оборона и добыча углеводородов. А в повседневной жизни изобретения не востребованы».

Хотя отечественные сторонники образовательных приоритетов декларируют такие требования к современному работнику, как «высокий уровень квалификации, способность к творчеству, самостоятельность и ответственность, адаптация к «ноу-хау» динамичной экономической системы», государственная позиция это не подтверждает. «Попытка формировать человека-творца» признана недостатком сложившейся системы образования. По мнению экс-министра образования и науки, ныне советника Президента РФ «сейчас задача заключается в том, чтобы взрастить квалифицированного потребителя, способного квалифицированно пользоваться результатами творчества других». Поистине рецепт к способам приобретения: можешь - сделай сам; не можешь - купи (если есть инвестиции); нет их – попроси (обратись к спонсору); откажут – отними (рейдерство); нет сил – укради. Это ли не прямая дорога к коррупции и трактовка бизнеса как «искусства извлекать деньги из чужого кармана, не прибегая к насилию».

По итогам первого этапа отечественной индустриализации «Временный устав Владивостокского политехнического института» (17.04.1920 г.) определил «Институт учреждается в составе факультетов: горного, механического, инженерно-строительного, разделяющихся на отделения и подотделы по специальности». Жизнь подтвердила эти структурные приоритеты.

Наши богатейшие минеральные ресурсы, некоторые – дефицитные в мировой востребованности – краеугольный камень российской государственности. Но надо помнить, что через 15 лет миром будут править те страны, что владеют разведанным сырьем, оставляя в стране большую часть добытых минеральных ресурсов для развития отечественного производства.

Налицо возрождение отечественного машиностроения и станкостроения, в т. ч. авиа, энерго, авто и оборудования для других отраслей добычи и переработки минерального и органического сырья, обеспечения науки и здравоохранения. Все это на базе новых технологий 5-6 технологических укладов.

Новые организационные подходы и технологические инновации в строительстве направлены на устранение факторов, ограничивающих спрос на них и повышение экономической мотивации к внедрению новшеств. Апробированы технологии сверхпрочного бетона (марки 1600 при

нынешних пределах 450 для свай высотного строительства и 700 для плит), карбоновые покрытия с электрообогревом, модифицированная древесина (прочность, экологичность, погодоустойчивость). Организация строительства 70-этажного небоскреба за 4 месяца, шестиполосного моста высотой 300 м с подвесным пролетом без промежуточных опор общей длиной в 2 км. Дельта-роботизация кирпичной кладки с 3-кратным повышением производительности каменщика-профессионала. Это лишь некоторые примеры, ожидающие своего распространения.

Но реализация этого зависит от концепции подхода к профессиональному образованию. Если мы готовим квалифицированного потребителя, то это сфера услуг. Образование превращается в высокорентабельную сферу бизнеса, вместо знаний утверждаются компетенции и навыки – товар, который в данный момент нужен бизнесу. Это и есть мировая модель ЮНЕСКО «Глобальное образование» (и его отечественная адаптация: форсайт-проект «Образование -2030», сентябрьский 2015 г. проект «Глобальное будущее образование», трансформация национальной образовательной системы на базе перехода на общемировую образовательную платформу «Университет для миллиарда»). Ближайшая цель 2017-2022 годов – уход государства из сферы образования, за исключением административных функций, и приход в него «инновационного бизнеса» со своими программами вместо госзаданий. Предпосылки этого были заложены в законодательных документах №83-ФЗ (коммерциализация бюджетных учреждений) и №210-ФЗ (образование и здравоохранение из государственной обязанности стали сферой услуг). Некоторые эксперты считают эти «незаметные стратегические инициативы... конституционным переворотом».

Если же профессиональное образование – сфера подготовки специалистов, требования к которым определяются научно-профессионально-образовательным сообществом, исходя из стратегии национального развития, но с учетом мировых тенденций глобального характера, это нечто иное. Тогда, в частности, и необходим анализ успехов Инженерной школы в структуре Федерального университета. В том числе, в контексте структурной схемы вертикально-горизонтальных связей и реальной роли понятий обобщенной кафедры, руководства образовательной программой, администрирования программы, студенческого офиса, аттестационных ре-

зультатов, востребованности, трудоустройства и реального качества выпускников.

Тогда, видим, будет интересен опыт инженерной подготовки, в т. ч. в политехническом вузе при структурах факультета и выпускающей кафедры в многоуровневом подходе более 15 лет [3,4]. Ведь не напрасно говорят, что общество живет как учится, а должно учиться так, как хочет жить.

При этом в современных условиях не только не отвергается типология оргструктур инновационного менеджмента, но приветствуется малое инновационное предпринимательство [5]. Между тем, эта область знаний, как и прежние дисциплины «Научно-исследовательская деятельность и интеллектуальная собственность», «Инновационный менеджмент» (прикладные основы), «Основы инновационного проектирования» не найти в программах 1-2 уровней (по крайней мере по направлению «Строительство»).

Литература

1. Фатхудинов Р.А. Инновационный менеджмент: Учебник для вузов.- СПб.: Питер, 2008.-448с.

2. Жучков О.А., Тупикова О.А. К развитию политехнического образования//Современные технологии и развитие политехнического образования: Мат-лы международн. науч. конф. 14-18 сентября 2015 г. /ДВФУ. – Владивосток, 2015.- с. 761-765; [Электрон. ресурс]. – URL: <http://www.dvfu.ru/web//dpd/katalog/>.

3. Жучков О.А. Выпускающая кафедра в многоуровневой структуре высшего профессионального образования (некоторый опыт системного и инновационного подходов). //Инновационные образовательные технологии/ под ред. Г.П. Турмова и др. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004. – с.68-76.

4. Жучков О.А., Хлопцева Е.В. НИДС как система подготовки выпускников университета к инновационной деятельности//Проблемы и перспективы профессионального образования: Сб. науч. трудов. Вып.2/под ред. А.А.Фаткулина и др. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – с. 93-98.

5. Валдайцев С.В., Молчанов С.Н., Пецольд Т.К. Малое инновационное предпринимательство: Учеб. пос.- М.: Проспект, 2013.- 536 с.

O. Zhuchkov, O. Tupikova (O.A. Zhuchkov, O.A. Tupikova)

FEFU, Vladivostok

WAYS OF DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGIES (ПУТИ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ)

Аннотация

В докладе рассматривается современное понятие технологий применительно к строительству и понятийной миграции в смежные области знаний. Предлагается и обсуждается развитие этих понятий по таким направлениям и подходам, как системотехника строительства, инновационная значимость, объектно-типологическая корректность, организационно-технологическая интеграция, инвестиционно-проектный подход, выделение соответствующих «Д-блоков» в многомерном информационном моделировании объектов.

Понятие «технология» в контексте человеческой деятельности (techno - искусство, мастерство, logos – мысль, слово) наиболее корректно представляется как «практическое воплощение научных и инженерных занятий в процессе получения новой продукции из заданного набора и количества ресурсов». Как и многие другие термины инженерного тезауруса (механизм, техника, инструмент и т.п.) оно мигрировало в другие области знаний (социальные, информационные, инновационные технологии, биотехнологии, нанотехнологии и т.п.).

Исторически базовым понятием технологии в строительстве стала технология строительного производства [1] :

- Общность знаний о способах, методах и средствах исполнения технологических процессов, направленных на создание законченной строительной продукции.
- Техника влияния на объект производства комплексом средств производства, на строго научной основе, использующая производительные силы и информационные ресурсы.
- Функциональная система, включающая ресурсы (временные, трудовые, материальные и энергетические), а также ограничения и правила их взаимодействия для достижения заданного результата – выполнения отдельных видов работ, процессов и элементов строительных объектов.

По мере усложнения этих объектов появилась необходимость объединения видов работ в технологические комплексы их (ТКР), а затем дополнение технологии строительных процессов (ТСП) технологией возведения зданий (ТВЗ). Последняя сегодня требует дальнейшего развития в сторону типологической детализации зданий и сооружений, включая тех-

нологическое прогнозирование. Так появилось понятие жизненного цикла технологии: (ЖЦТ) – совокупность стадий от зарождения технологических нововведений до их старения и утилизации:

1 – новейшая технология – любая новая, которая имеет высокий потенциал;

2 – передовая технология, которая зарекомендовала себя как достаточно эффективная и имеющая распространение на строительном рынке;

3 – современная технология – признанная у специалистов производственным стандартом и используемая при решении организационных вопросов;

4 – обычная технология, применяемая для решения производственных задач, хотя уже существует более эффективная новая технология и поэтому спрос на использование «старой технологии» начинает падать;

5 – устаревшая малоэффективная технология, которую следует заменить на более совершенную, имеющую повышенную производительность и лучшее качество товарной продукции [2].

Здесь уместно отметить проект «Стратегии инновационного развития строительной отрасли РФ на период до 2030г.», которая опирается на понятие новой критической технологии «Технологии управления производственными процессами, жизненным циклом продукции, объектов строительства и инфраструктуры» [3].

Эффективность технологии реализуется через организационно-технологические решения, под которыми понимается решение системы задач, необходимых и достаточных для оптимизации организации и технологии строительного производства по заданному критерию. Решение задачи – алгоритмизированный выбор последовательности операций, математического аппарата и одной из альтернатив их осуществления. Эта альтернатива, как организационно-технологический вариант, есть техническое решение, принимаемое при разработке проектов организации строительства (ПОС) и проектов производства работ (ППР), включающих технологические карты (ТК), специалистами в области организации и технологии производства (с учетом реальных возможностей строительной организации, осуществляющей реализацию проектных решений).

Укрупненная схема классификации таких задач в составе ПОС и ППР (с группировкой их на основные и вспомогательные, программируе-

мые и не программируемые, с оценкой степени разработанности методов решения) можно найти в [4].

В системе этих задач, несмотря на всю их многокритериальность, главным критерием, по нашему мнению, остается продолжительность строительства. В рыночных условиях «всякая экономия сводится к экономии времени (time is money)». Проектные же решения приобретают характер инжиниринга (engineering) инвестиционно-строительных проектов (ИСП).

Логическая схема взаимоувязки таких решений (пофазовых: инвестиционно-предпроектных, архитектурно-проектных, производственно-логистических, эксплуатационно-функциональных и «сквозных»: организационно-технологических и экономико-управленческих), а также их декомпозиция, обсуждались нами ранее [5] и приведены на рис. 1.

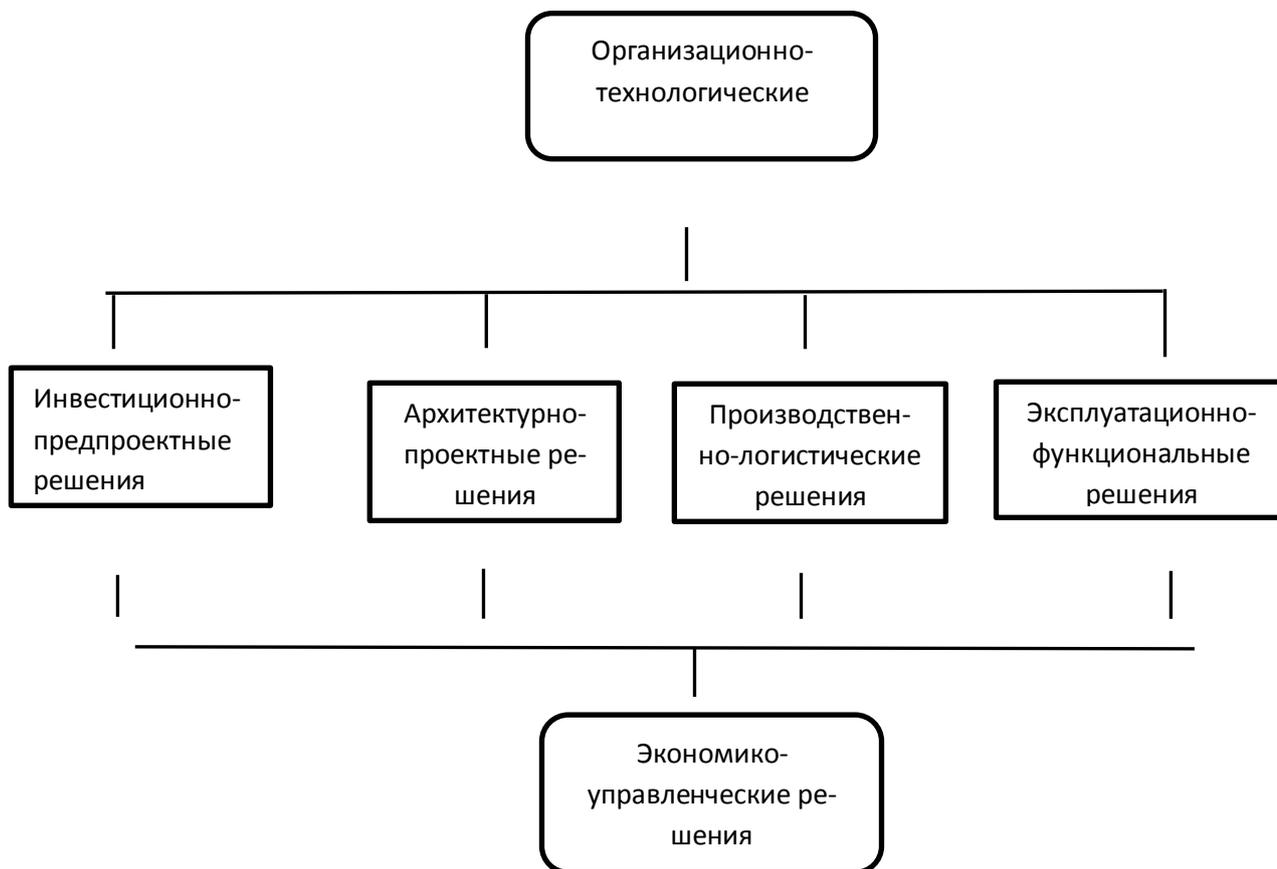


Рис. 1 Логическая схема увязки проектных решений в строительстве

При этом на каждой фазе инвестиционно-строительного цикла организационно-технологические решения (ОТР) представляются в универсальной структуре: Производственно-технологические (ПТР в ТК), плано-

во-организационные (ПОР в календарных планах – КП), территориально-организационные (ТОР в стройгенпланах – СГП).

Вышеприведенные рассуждения не противоречат новой идеологии проектного обеспечения и сопровождения реализации проектов в концепции BIM-технологий (Building Information Modeling). Существенно «засидевшись на старте» в этой проблеме (мир начал в 90-х годах) страна форсирует ее решение. 2013г. – инициативы Национального объединения проектировщиков, 2014г. – формирование BIM –сообщества, 2015 г. – утверждение Минстроем России Плана поэтапного внедрения технологии информационного моделирования (на период до 2018 г.), 2016г. – старт активного применения BIM (23 «пилотных» проекта – «стартапа»), 2017 г. – подготовка специалистов по использованию BIM-технологий и электронной экспертизе проектов [6].

Технология предполагает выход за пределы модели 3Д: увязка с календарным планированием и моделированием процессов возведения (4Д), снятие с модели физических объемов и передача в сметные программы (5Д). Наши разработки в аспекте организации управления ИСП на основе применения технологий многомерного моделирования показали возможность довести модель до 8Д за счет эксплуатационных задач [7].

Таким образом, пути развития строительных технологий целесообразны в следующих направлениях:

- конкретизация понятий технологии при общем системотехническом подходе к их оценке;
- инновационная значимость конкретных технологий для стратегии развития строительства в региональной рыночной среде;
- корректность объектно-типологического приложения технологий;
- организационно- технологическая интеграция при принятии и реализации строительных решений;
- инвестиционно-проектный подход к выбору технологий для создания и развития будущего объекта недвижимости (с позиций жизненного цикла);
- многомерное информационное моделирование, в т. ч. в контексте BIM-технологий как развитие интеллектуальных технологий.

Литература

1.Завадкас Э.-К.К. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства.- Л.: Стройиздат, 1991г.-с.247-253.

2.Харитонов В.А. Основы организации и управления в строительстве: Учеб. для студ. учрежд. высш. проф. образования.-М.: Изд. центр «Академия», 2013.-с.33.

3.Жучков О.А.Тупикова О.А. О некоторых строительных факторах реализации механизмов опережающего развития территорий//Экономика, управление и финансы в России и за рубежом: Мат-лы международн. науч.-практ. конф.- Ставрополь, ЦНЗ «Логос», 2016.- 5с.

4.Шрейбер К.А. Технология и организация ремонтно-строительного производства.-М.: Изд-во АСВ, 2008.- с.180-182.

5.Кирокасян С.Ю., Жучков О.А. Систематизация организационно-технологических решений строительного производства в жизненном цикле объектов недвижимости //Наука и образование XXI века: Мат-лы III международн.науч.-практ. конф. 30 окт2009 г. Том 1.- Рязань: Изд-во СТИ, 2009.-с.27-29.

6.Молчанова В. Модель для стройки. BIM-технологии планируется внедрять на государственном уровне. /Строительная газета.-№34 (10357).- 21 авг. 2015.- с.14.

7.Лысков А.В., Жучков О.А. Технологии информационного моделирования инвестиционно-строительных проектов // Вологдинские чтения. Сер. Автоматика, электроника и средства связи: Мат-лы науч. конф. - Владивосток: Изд. Дом ДВФУ, 2012.- Вып.8, с.91-93.