

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

# УЧЁНЫЙ

научный журнал



12  
2015  
Часть III

ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 12 (92) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:** Ахметова Галия Дуфаровна, *доктор филологических наук*

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Каленский Александр Васильевич, *доктор физико-математических наук*

Куташов Вячеслав Анатольевич, *доктор медицинских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Сараева Надежда Михайловна, *доктор психологических наук*

Авдеюк Оксана Алексеевна, *кандидат технических наук*

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, *кандидат географических наук*

Алиева Тарана Ибрагим кызы, *кандидат химических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Данилов Олег Евгеньевич, *кандидат педагогических наук*

Дёмин Александр Викторович, *кандидат биологических наук*

Дядюн Кристина Владимировна, *кандидат юридических наук*

Желнова Кристина Владимировна, *кандидат экономических наук*

Жуйкова Тамара Павловна, *кандидат педагогических наук*

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, *кандидат педагогических наук*

Игнатова Мария Александровна, *кандидат искусствоведения*

Коварда Владимир Васильевич, *кандидат физико-математических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Кузьмина Виолетта Михайловна, *кандидат исторических наук, кандидат психологических наук*

Кучерявенко Светлана Алексеевна, *кандидат экономических наук*

Лескова Екатерина Викторовна, *кандидат физико-математических наук*

Макеева Ирина Александровна, *кандидат педагогических наук*

Матроскина Татьяна Викторовна, *кандидат экономических наук*

Матусевич Марина Степановна, *кандидат педагогических наук*

Мусаева Ума Алиевна, *кандидат технических наук*

Насимов Мурат Орленбаевич, *кандидат политических наук*

Прончев Геннадий Борисович, *кандидат физико-математических наук*

Семахин Андрей Михайлович, *кандидат технических наук*

Сенцов Аркадий Эдуардович, *кандидат политических наук*

Сенюшкин Николай Сергеевич, *кандидат технических наук*

Титова Елена Ивановна, *кандидат педагогических наук*

Ткаченко Ирина Георгиевна, *кандидат филологических наук*

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, *кандидат химических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

Ячинова Светлана Николаевна, *кандидат педагогических наук*

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231. E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>.

**Учредитель и издатель:** ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 26



Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.**

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

**Международный редакционный совет:**

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)

Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)

Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)

Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)

Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)

Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)

Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)

Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)

Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)

Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)

Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)

Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)

Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)

Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)

Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Узаков Гулом Норбоевич, кандидат технических наук, доцент (Узбекистан)

Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)

**Художник:** Шишков Евгений Анатольевич

**Верстка:** Бурьянов Павел Яковлевич

На обложке изображен Игорь Иванович Сикорский (1889—1972) — русский и американский авиаконструктор, учёный, изобретатель, философ.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Лопатин О. П.**  
Регулировочные характеристики газодизеля при работе с рециркуляцией ..... 239
- Лопатин О. П.**  
Нагрузочные характеристики газодизеля при работе с рециркуляцией ..... 241
- Лопатин О. П.**  
Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля ..... 244
- Лукашенко О. А., Филиппенко Н. Г.**  
Актуальность изучения существующих технологических процессов ремонта буксовых узлов тягового подвижного состава..... 247
- Межаков О. Г.**  
Цифровые импульсные преобразователя напряжения под управлением микроконтроллера (Часть 1)..... 249
- Михеева А. И.**  
Реализация модели приёмника 4-позиционного фазомодулированного сигнала в Simulink ..... 253
- Нестеренко М. С., Пресняков В. А.**  
Анализ причин ДТП в городе Артеме и разработка мероприятий по их предупреждению ..... 259
- Нормуродов Б. Р.**  
Изучение химико-биологических процессов, протекающих в зерне ..... 262
- Овчаров Д. В.**  
Разработка технологии функционального напитка на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями ..... 263
- Овчаров Д. В.**  
Совершенствование технологии получения белковых изолятов из подсолнечного жмыха... 267
- Орешкин А. Ю., Шлячков Д. А., Юшков А. Б.**  
Основные проблемы метода оценки износа технологического оборудования химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств для обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов ..... 270
- Подкаменная К. А.**  
Анализ целесообразности использования транспортных телематических систем ..... 273
- Прищепа Т. С., Кагадий В. В., Патиева А. М., Мануйлова Т. П.**  
Пищевая, биологическая ценность новых видов мясорастительных консервов для диетического профилактического питания людей ..... 275
- Расулов А. Н., Каримов Р. Ч.**  
Сопоставление основных показателей стабилизированных источников тока ..... 277
- Рахимов Б. Б., Абдуллаева Ш. Ш., Темиров Ф. Ф.**  
Технологический процесс переработки отходов «масложиркомбината»..... 282
- Сатторов М. О.**  
Роль механических примесей и сульфида железа в устойчивости местных водонефтяных эмульсий..... 284
- Сатторов М. О.**  
Термохимическое обезвоживание устойчивых водонефтяных эмульсий местных нефтей ..... 286
- Севостьянов М. В., Осокин А. В., Гиенко Е. А., Лагутин И. И.**  
Основные направления конструктивно-технологического совершенствования пресс-валковых агрегатов с плоской матрицей для экструдирования волокнистых материалов.... 288
- Семенщев Е. А., Куцова Э. Л., Фетисов Н. Г., Шилина А. В.**  
Die Besonderheiten der Organisation und der Durchführung der experimentalen Forschungen der Systeme der Suche und der Erkennung von Verkehrszeichen..... 294

<b>Скрябин М. Л.</b> Влияние применения метанола-топливной эмульсии на массовую концентрацию оксидов азота в отработавших газах 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки на частоте вращения максимального крутящего момента..... 298	<b>Таласпаева А. А., Жилисбаева Р. О.</b> Исследование влияния нетканых материалов на теплозащитные показатели спецодежды ..... 329
<b>Скрябин М. Л.</b> Влияние применения метанола-топливной эмульсии на массовую концентрацию оксидов азота в отработавших газах 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки на номинальной частоте вращения ..... 301	<b>Тойтеев О. К.</b> Вопросно-ответная система, основанная на семантическом вероятностном выводе..... 331
<b>Скрябин М. Л.</b> Особенности расчета констант скорости реакций термической диссоциации в цилиндре дизеля ..... 303	<b>Уразова А. А., Ерошкина Н. А., Коровкин М. О.</b> Исследование свойств геополлимерного вяжущего на основе гранита в зависимости от содержания шлака и активатора твердения ..... 334
<b>Скрябин М. Л.</b> Особенности методики стендовых исследований работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением надувочного воздуха при работе на природном газе ..... 306	<b>Хотиенко И. Н., Боган В. И., Прохасько Л. С., Залилов Р. В.</b> Квалификация функционирования холодильника ХФ-250..... 338
<b>Скрябин М. Л.</b> Математическая модель расчета содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4 ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на природном газе ..... 309	<b>Чувашев А. Н.</b> Исследование показателей рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от значений установочных углов опережения впрыскивания топлива ..... 340
<b>Скрябин М. Л.</b> Влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на частоте вращения максимального крутящего момента..... 312	<b>Чувашев А. Н.</b> Особенности процесса сгорания в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи..... 343
<b>Скрябин М. Л.</b> Влияние применения природного газа на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения нагрузки ..... 314	<b>Чувашев А. Н.</b> Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте..... 347
<b>Скрябин М. Л.</b> Влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения ..... 317	<b>Чувашев А. Н.</b> Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала ..... 349
<b>Скрябин М. Л.</b> Влияние применения природного газа на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала ..... 320	<b>Чувашев А. Н.</b> Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала ..... 351
<b>Скрябин М. Л.</b> Влияние применения природного газа на общую токсичность дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала ..... 323	<b>Шестернин А. И., Коровкин М. О., Ерошкина Н. А.</b> Использование бетонного лома для получения заполнителя бетона..... 353
<b>Стурза А. Д., Зубарева Е. К., Боган В. И., Прохасько Л. С., Топурия Г. М.</b> Анализ показателей качества кефира ..... 326	<b>Шинкин В. Н.</b> Четырехроликовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироликовой листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate ..... 356
	<b>Ямалетдинова А. А., Абдуллаева Ш. Ш.</b> Минерализация пластовых вод, выделенных из местных водонептяных эмульсий ..... 361

**Яшкинд М. И., Андреев С. Ю., Сафронов М. А.,  
Князев В. А.**

Использование новой технологии  
электрохимической активации щелочных реагентов  
локальных канализационных очистных сооружений  
для повышения их барьерной функции по  
отношению к ионам тяжелых металлов..... 363

**Яшкинд М. И., Андреев С. Ю., Сафронов М. А.  
Князев Владимир Александрович, аспирант**

Технология получения ферратов,  
предусматривающая использование методов  
низкотемпературного и высокотемпературного  
окисления соединений железа..... 366

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Регулировочные характеристики газодизеля при работе с рециркуляцией

Лопатин Олег Петрович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе представлены результаты экспериментальных исследований влияния применения компримированного природного газа и рециркуляции отработавших газов на эффективные показатели в зависимости от изменения установочного угла опережения впрыскивания топлива дизеля 4Ч 11,0/12,5.

**Ключевые слова:** дизель, газодизель, природный газ, отработавшие газы, рециркуляция, эффективные показатели.

Регулировочные характеристики в зависимости от изменения установочного угла опережения впрыскивания топлива (УОВТ) при работе газодизеля 4Ч 11,0/12,5 по дизельному, газодизельному и газодизельному с рециркуляцией отработавших газов (РОГ) процессам на частотах вращения 2200 и 1700 мин<sup>-1</sup> для эффективных показателей представлены на рис. 1.

Характеристики снимались для определения оптимального значения регулировочного УОВТ для газодизельного процесса при работе с РОГ для равных значений эффективных давлений. Из графиков следует, что при работе по газодизельному процессу с охлаждаемой РОГ установочный УОВТ при частоте вращения 2200 мин<sup>-1</sup> по условию наилучшей экономичности составляет  $\Theta_{впр} =$

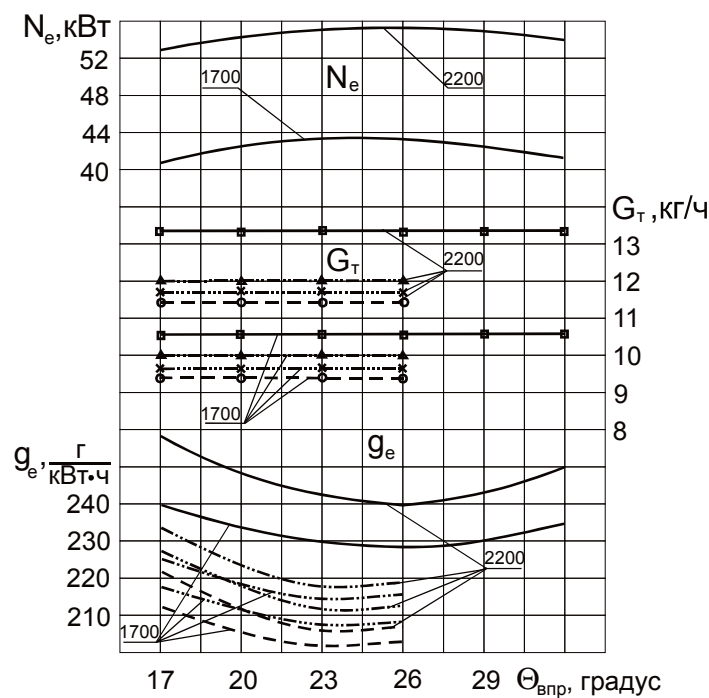


Рис. 1. Влияние применения природного газа и РОГ на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения  $\Theta_{впр}$  при  $n = 2200$  мин<sup>-1</sup> и  $n = 1700$  мин<sup>-1</sup>;  $\square$  — дизельный процесс;  $\circ$  — газодизельный процесс;  $\times$  — рециркуляция 10%;  $\triangle$  — рециркуляция 20%

23 градуса. Часовой расход топлива при газодизельном процессе на оптимальном установочном угле опережения впрыскивания топлива составляет 11,41 кг/ч, а для газодизельного процесса с 10%-ной РОГ 11,73 кг/ч, что больше на 2,8%. Удельный эффективный расход топлива на оптимальном для газодизельного процесса угле составляет 205 г/кВт·ч, а при газодизельном процессе с 10%-ной РОГ 211 г/кВт·ч, что выше на 2,8%.

При УОВТ 260 при газодизельном с РОГ процессе происходит увеличение удельного расхода топлива, мощность двигателя остается на том же уровне. При угле опережения впрыскивания топлива 20о происходит увеличение удельного расхода топлива, а также падение мощности двигателя. При частоте вращения при максимальном крутящем

моменте ( $n = 1700$  мин<sup>-1</sup>) и тех же условиях оптимальный УОВТ при газодизельном процессе с РОГ будет составлять 23о до в.м.т. При работе по газодизельному с РОГ процессу при угле  $\Theta_{впр} = 260$  и частоте вращения  $n = 2200$  мин<sup>-1</sup> по условиям обеспечения качественного процесса сгорания возникает необходимость снижения установочного УОВТ из-за повышения максимального давления и жесткости процесса сгорания по отношению к 23о.

Эксперимент показал, что при работе на КПП с РОГ и без неё необходимо устанавливать УОВТ 23о до в.м.т. из-за чрезмерного повышения жесткости при  $\Theta_{впр} = 260$ . Поскольку дизель не имеет устройства для быстрого изменения УОВТ в зависимости от режима работы, то это же значение рекомендовано и для дизельного процесса.

#### Литература:

1. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
2. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
3. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
5. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
6. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
7. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
8. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
9. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
10. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
11. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
12. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
13. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
14. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
15. Скрябин, М. Л. Исследование эффективных показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 312–315.
16. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения природного газа и промежуточного охлаждения наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 315–318.
17. Скрябин, М. Л. Влияние применения природного газа на содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на номинальной частоте вращения в зависимости от устано-



- вочного угла опережения впрыскивания топлива // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 101–104.
18. Лопатин, С. О., Скрябин М. Л. Влияние применения метано-топливной эмульсии на объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 96–98.
  19. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
  20. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
  21. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.
  22. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
  23. Скрябин, М. Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.
  24. Скрябин, М. Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.
  25. Скрябин, М. Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
  26. Скрябин, М. Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.
  27. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1999.
  28. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.
  29. Лиханов, В. А., Попов В. М. Работа дизеля на метаноле с двойной системой топливоподачи // Двигателестроение. 1986. № 8. с. 47.
  30. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.

## Нагрузочные характеристики газодизеля при работе с рециркуляцией

Лопатин Олег Петрович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В работе представлены результаты экспериментальных исследований влияния применения компримированного природного газа и рециркуляции отработавших газов на эффективные показатели в зависимости от изменения нагрузки дизеля 4Ч 11,0/12,5.*

**Ключевые слова:** дизель, газодизель, природный газ, отработавшие газы, рециркуляция, эффективные показатели.

Зависимости эффективных показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 на оптимальном установочном угле опережения впрыскивания топлива 23о в зависимости от изменения нагрузки представлены на рис. 1 [1–6].

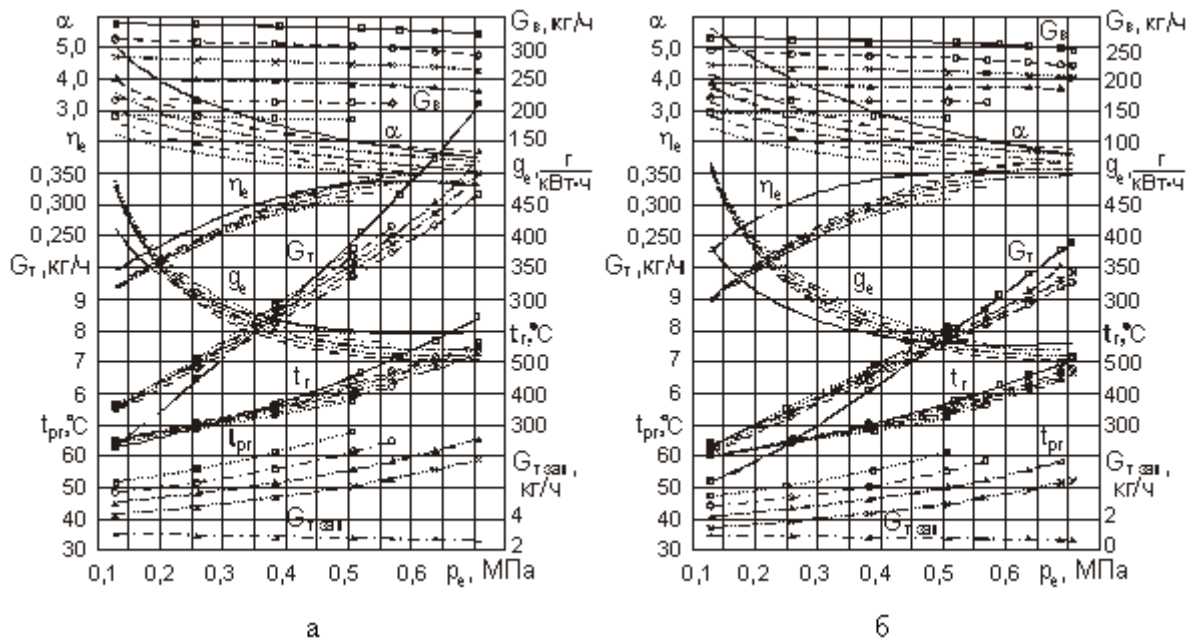


Рис. 1. Влияние применения природного газа и РОГ на эффективные показатели работы дизеля 4С 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при  $\Theta_{впр} = 23^\circ$ : а —  $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ ; б —  $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ ; □ — дизельный процесс; ○ — газодизельный процесс; × — рециркуляция 10%; △ — рециркуляция 20%; ○ — рециркуляция 30%; □ — рециркуляция 40%; △ — расход запального ДТ

Применение рециркуляции отработавших газов (РОГ) на газодизельном процессе (рис. 1. а) приводит к росту удельного эффективного расхода топлива. Причем, при малом эффективном давлении в диапазоне изменения нагрузки от 0,13 до 0,26 МПа удельный эффективный расход топлива, например, при работе с 20%-ной РОГ, возрастает на 2,3%, тогда как при номинальной нагрузке  $g_e$  выше на 6,6% газодизельного процесса, но ниже на 10,1% дизельного процесса. Применение 40%-ной РОГ в диапазоне изменения нагрузки от 0,13 до 0,26 МПа приводит к росту  $g_e$  на 3,5%. Снижение же степени рециркуляции до 10% на номинальном режиме приводит к росту  $g_e$  всего на 2,8% относительно газодизельного процесса, что на 13,5% ниже дизельного процесса. Эффективный кпд при работе на газе с 40%-ной РОГ в диапазоне изменения нагрузки от 0,13 до 0,26 МПа снижается на 3,0...3,5% относительно чисто газодизельного процесса. При работе на номинальной нагрузке с 20%-ной РОГ  $\eta_e$  ниже на 6,6%. Снижение же степени рециркуляции до 10% на номинальном режиме приводит к снижению  $\eta_e$  на 3,0% относительно газодизельного процесса, что на 4,2% выше дизельного процесса. Часовой расход топлива на номинальном режиме при работе на газе с 10%-ной РОГ увеличивается на 2,7%, что ниже на 12,5% дизельного процесса. Температура ОГ при работе с РОГ снижается незначительно на больших нагрузках с увеличением степени РОГ. Расход воздуха снижается пропорционально количеству присаживаемых во впускной коллектор ОГ [7–15].

Температура рециркулируемых ОГ увеличивается с увеличением степени рециркуляции и во всём диапазоне

изменения нагрузок при степени рециркуляции  $\rho = 40\%$  не превышает 680С. Рост удельного эффективного расхода топлива и снижение эффективного кпд при работе на газодизельном процессе с РОГ относительно чисто газодизельного процесса связаны с ухудшением процесса сгорания в результате ограниченности необходимого количества воздуха для окисления топлива [16–24].

Рассматривая режим максимального крутящего момента (рис. 1, б) можно отметить, что при работе на газодизельном с РОГ процессе возрастает удельный эффективный расход топлива. При малом эффективном давлении в диапазоне изменения нагрузки от 0,13 до 0,26 МПа удельный эффективный расход топлива при работе с 40%-ной РОГ возрастает на 4,0...8,0%. При работе с 20%-ной РОГ на больших нагрузках при  $p_e = 0,69 \text{ МПа}$   $g_e$  выше на 7,1%, а снижение степени рециркуляции до 10% приводит к росту  $g_e$  на 3,5% относительно газодизельного процесса, что на 12,4% ниже дизельного процесса. Эффективный кпд при работе на газе с 10%-ной РОГ на больших нагрузках при  $p_e = 0,69 \text{ МПа}$  меньше на 3,5% чисто газодизельного процесса. Температура ОГ при работе с РОГ снижается незначительно. Расход воздуха снижается пропорционально увеличению степени РОГ. Температура рециркулируемых ОГ увеличивается с увеличением степени рециркуляции и во всём диапазоне изменения нагрузок при степени рециркуляции  $\rho = 40\%$  не превышает 620С [25–30].

Таким образом, по результатам нагрузочных характеристик газодизеля на малых нагрузках возможно применение 40%-ной РОГ, а на номинальном режиме работы необходимо снижение степени рециркуляции до 10%.

## Литература:

1. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
2. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
3. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
5. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
6. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
7. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
8. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
9. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
10. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
11. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
12. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
13. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
14. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
15. Скрябин, М. Л. Исследование эффективных показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 312–315.
16. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения природного газа и промежуточного охлаждения наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 315–318.
17. Скрябин, М. Л. Влияние применения природного газа на содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на номинальной частоте вращения в зависимости от установочного угла опережения впрыскивания топлива // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 101–104.
18. Лопатин, С. О., Скрябин М. Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 96–98.
19. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
20. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
21. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.

22. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
23. Скрябин, М.Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.
24. Скрябин, М.Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.
25. Скрябин, М.Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
26. Скрябин, М.Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.
27. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1999.
28. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.
29. Лиханов, В.А., Попов В.М. Работа дизеля на метаноле с двойной системой топливоподачи // Двигателестроение. 1986. № 8. с. 47.
30. Лиханов, В.А., Полевщиков А.С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.

## Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля

Лопатин Олег Петрович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В работе представлены результаты теоретических расчетов содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля при работе с рециркуляцией отработавших газов.*

**Ключевые слова:** *дизель, природный газ, рециркуляция отработавших газов, токсичность, отработавшие газы, оксиды азота.*

При математическом моделировании образования оксида азота в цилиндре газодизеля при работе с рециркуляцией отработавших газов (РОГ) процесс сгорания условно был разделен на две зоны: зону свежей смеси и зону продуктов сгорания. Зона свежей смеси представляет собой смесь воздуха с рециркулируемыми и остаточными газами. Перед началом сгорания эта зона занимает весь объем цилиндра. В ходе сгорания происходит увеличение объема зоны продуктов сгорания. Для определения давления и средней по объему цилиндра температуры рабочего тела в различные моменты процесса сгорания применено допущение о мгновенном перемешивании продуктов сгорания и свежей смеси. Расчет производился последовательно для каждого шага расчета угла поворота коленчатого вала (ПКВ)  $\Delta\varphi$  [1–7].

Результаты теоретических расчетов по изменению объемного содержания оксидов азота  $\gamma_{\text{NOx}}$  в цилиндре га-

зодизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе с РОГ в зависимости от угла п.к.в. представлены на рис. 1.

Результаты теоретических расчетов по изменению объемного содержания оксидов азота  $\gamma_{\text{NOx}}$  в цилиндре газодизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе с РОГ при угле ПКВ, соответствующему открытию выпускного клапана в зависимости от изменения нагрузки и частоты вращения представлены на рис. 2 и 3 [8–14].

В результате теоретических расчетов объемного содержания оксидов азота  $\gamma_{\text{NOx}}$  на основании предложенного химизма процесса образования оксидов азота [15] и разработанной математической модели для расчета оксидов азота в цилиндре газодизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе с РОГ [16] была подтверждена высокая сходимость полученных теоретических расчетов объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота с экспериментальными исследованиями. Разница между теоретическими расчетами и экспериментальными данными не превышает 5%.



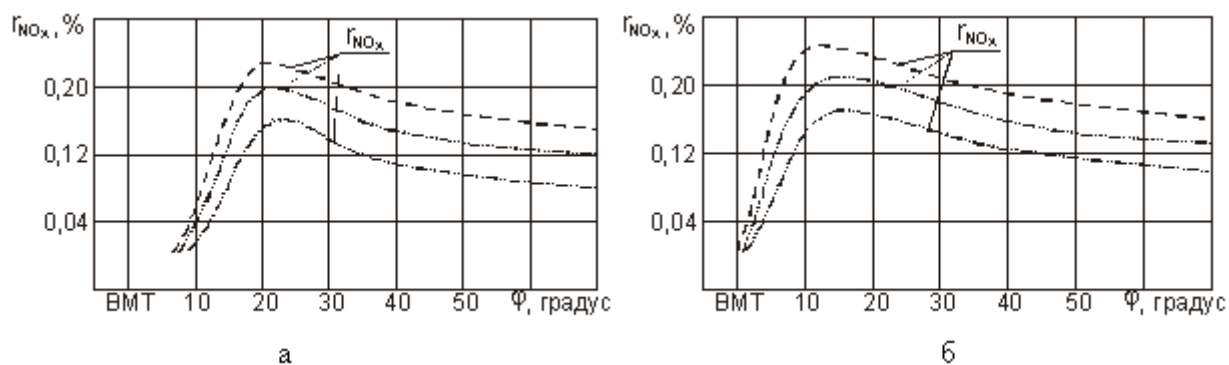


Рис. 1. Результаты теоретических расчетов содержания оксидов азота в цилиндре газодизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе с РОГ в зависимости от изменения угла ПКВ двигателя при  $\Theta_{впр} = 23^\circ$ : а —  $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$  и  $p_e = 0,64 \text{ МПа}$ ; б —  $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$  и  $p_e = 0,69 \text{ МПа}$ ; - - - - газодизельный процесс; - · - · - рециркуляция 10%; · · · · · рециркуляция 20%

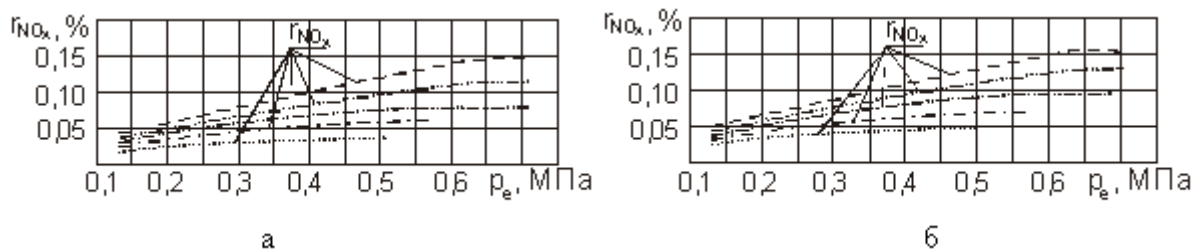


Рис. 2. Результаты теоретических расчетов содержания оксидов азота в ОГ газодизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе с РОГ в зависимости от изменения нагрузки при  $\Theta_{впр} = 23^\circ$ : а —  $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ ; б —  $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ ; - - - - газодизельный процесс; - · - · - рециркуляция 10%; · · · · · рециркуляция 20%; - · - · - рециркуляция 30%; · · · · · рециркуляция 40%

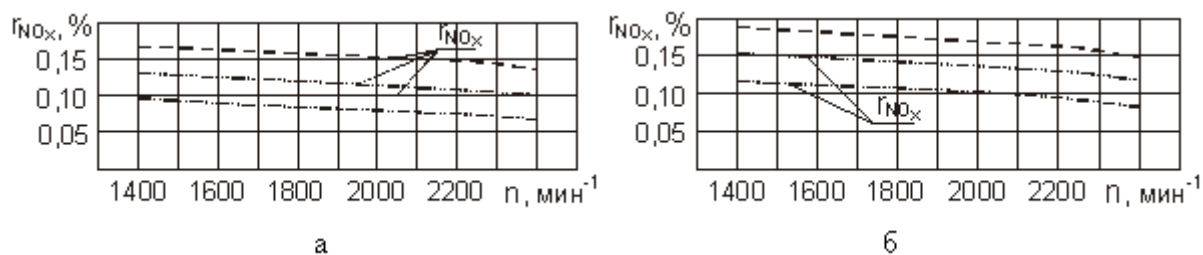


Рис. 3. Результаты теоретических расчетов содержания оксидов азота в ОГ газодизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе с РОГ в зависимости от изменения частоты вращения: а —  $\Theta_{впр} = 23^\circ$ ; б —  $\Theta_{впр} = 26^\circ$ ; - - - - газодизельный процесс; - · - · - рециркуляция 10%; · · · · · рециркуляция 20%; - · - · - рециркуляция 30%; · · · · · рециркуляция 40%

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
2. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
3. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.

4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
5. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
6. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
7. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
8. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
9. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
10. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
11. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
12. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
13. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
14. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
15. Скрябин, М. Л. Исследование эффективных показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 312–315.
16. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения природного газа и промежуточного охлаждения наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 315–318.
17. Скрябин, М. Л. Влияние применения природного газа на содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на номинальной частоте вращения в зависимости от установочного угла опережения впрыскивания топлива // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 101–104.
18. Лопатин, С. О., Скрябин М. Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 96–98.
19. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
20. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрябин М. Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.
21. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.
22. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
23. Скрябин, М. Л. Разработка программы стендовых исследований газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 53–55.
24. Скрябин, М. Л. Особенности горения капли дизельного топлива в турбулентном потоке метано-воздушной смеси в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 56–59.

25. Скрябин, М.Л. Исследование мощностных и экономических показателей газодизеля с промежуточным охлаждением надувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 59–62.
26. Скрябин, М.Л. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на экологические показатели газодизеля с промежуточным охлаждением надувочного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 62–65.
27. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1999.
28. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.
29. Лиханов, В.А., Попов В.М. Работа дизеля на метаноле с двойной системой топливоподачи // Двигателестроение. 1986. № 8. с. 47.
30. Лиханов, В.А., Полевщиков А.С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.

## Актуальность изучения существующих технологических процессов ремонта буксовых узлов тягового подвижного состава

Лукашенко Ольга Александровна, студент;  
Филиппенко Николай Григорьевич, кандидат технических наук, доцент;  
Иркутский государственный университет путей сообщения

**Ж**елезнодорожный транспорт является основой транспортной системы России. Он должен своевременно и качественно обеспечивать потребности населения в грузо-пассажирских перевозках и транспортных услугах, а так же обеспечивать жизнедеятельность почти всех отраслей экономики страны и безопасности государства.

Железнодорожный транспорт играет большую роль в формировании рынка транспортных услуг и позволяет эффективно развивать предпринимательскую деятельность при взаимоотношениях с другими видами транспорта, составляющими транспортную систему страны. В условиях развивающихся рыночных отношений особенно важной становится его четкая организованность, ритмичность и надежность работы, качество предоставляемых услуг. При этом должна быть гарантирована полная безопасность движения, обеспечены сохранность грузов и сохранность окружающей среды.

Одним из важнейших подразделений железнодорожного транспорта является локомотивное хозяйство. Локомотивное хозяйство обеспечивает перевозки грузов и пассажиров тяговыми средствами и содержание их в технически исправном состоянии, гарантируя полную безопасность движения и точное выполнение графика движения поездов.

Основными задачами локомотивного хозяйства являются [1]:

- обеспечение технического обслуживания локомотивов;
- текущего ремонта;
- текущего ремонта;
- сохранность локомотивов;

- безопасность движения и обеспечение графика движения поездов;
- эффективность использования локомотивов;
- экономику производства;
- эксплуатационной работы.

Локомотивному хозяйству принадлежит одно из важнейших мест в обеспечении перевозочного процесса. Основное назначение локомотивного хозяйства — обеспечение заданных планом перевозок народнохозяйственных грузов и пассажиров исправными локомотивами.

Статистика отказов оборудования локомотивов за 2014г ряда локомотивных депо Иркутской области, представлена на рис.1. Анализ полученных результатов показал, что наибольшее количество отказов происходит в механической части локомотива.

Буксовый узел является одним из самых ответственных узлов механической части и для него важна долговечность и безотказная эксплуатация в течение установленных сроков службы. Чаще всего неисправности возникают при проходе кривых участков железнодорожного пути, где буксы испытывают большие осевые нагрузки. Буксовый узел требует высокой точности соблюдения технологического процесса ремонта и монтажа деталей. Сложность своевременного выявления неисправностей букс объясняется их конструктивными особенностями. Буксы закрыты и за короткое время стоянки локомотива на ПТО не предоставляется возможным проконтролировать состояние подшипников и деталей крепления.

Наиболее частыми причинами неисправностей буксового узла [2] являются: неисправность крепления, про-

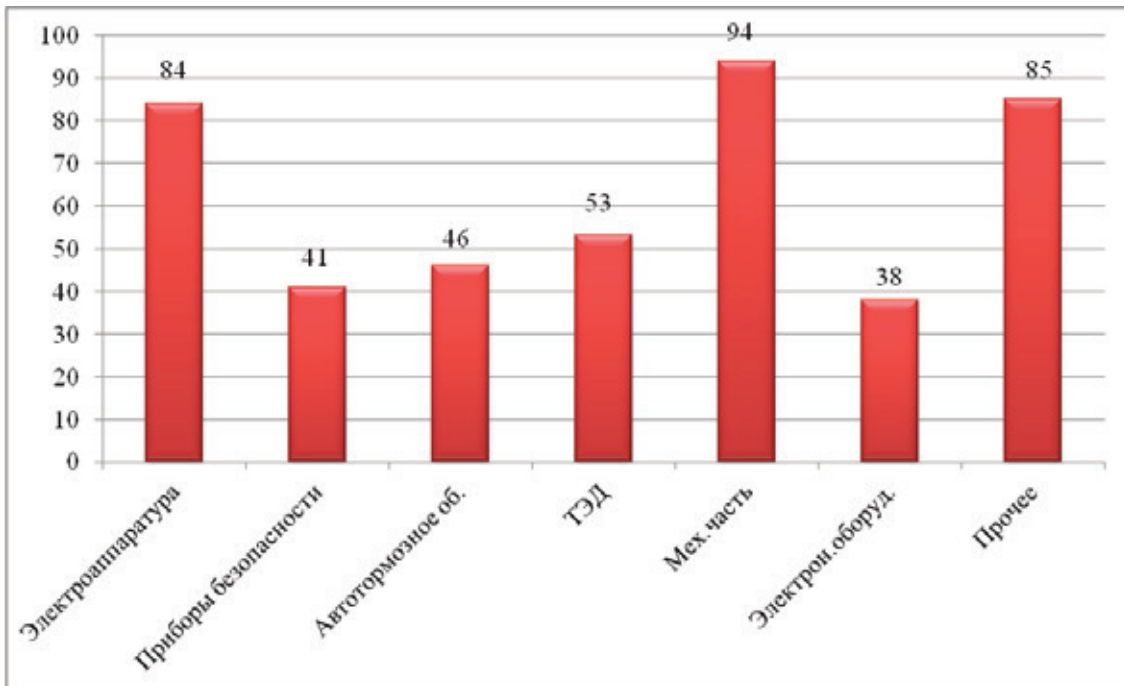


Рис.1. Отказы оборудования локомотивов за 2014 г.

ворот внутреннего кольца, излом сепаратора, металлические включения или обводнение смазки, вследствие чего возникают нагрев и коррозия (рис.2).

Статистика (рис.3) показала, что 30% неисправностей возникают вследствие некачественного ремонта, связанного с несоблюдением технологических режимов, условий, причины которых могут быть не только в дисциплине, но и в недостаточных знаний порядка выполнения ремонтных операций [3, 4].

Проанализировав существующие технологические процессы ремонта буксовых узлов депо станции Иркутск-Сортировочный и ст. Вихоревка, было установлено, что имеются различия между тех. процессами. Например, значение зазора плавания сепаратора при ревизии первого объёма на ст. Вихоревка составляет 0,5–2,5мм при допустимом 0,5–2,2мм [1, П1]. Увеличение зазора может привести к излому сепаратора, следствием чего может стать сход локомотива.

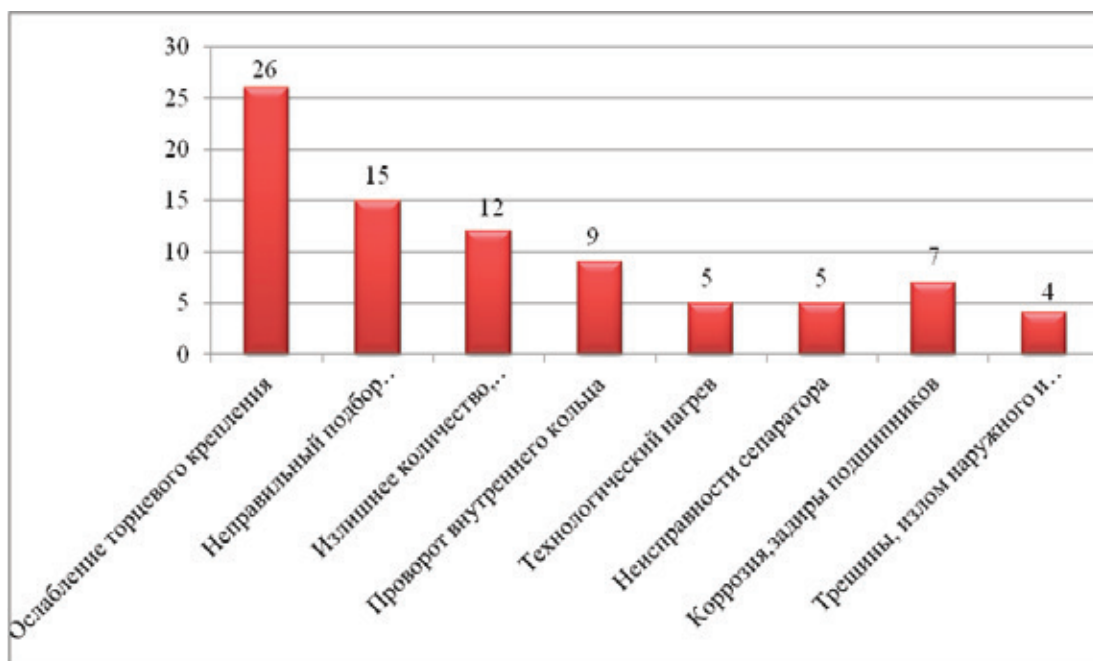


Рис.2. Неисправности буксового узла за 2014 г.



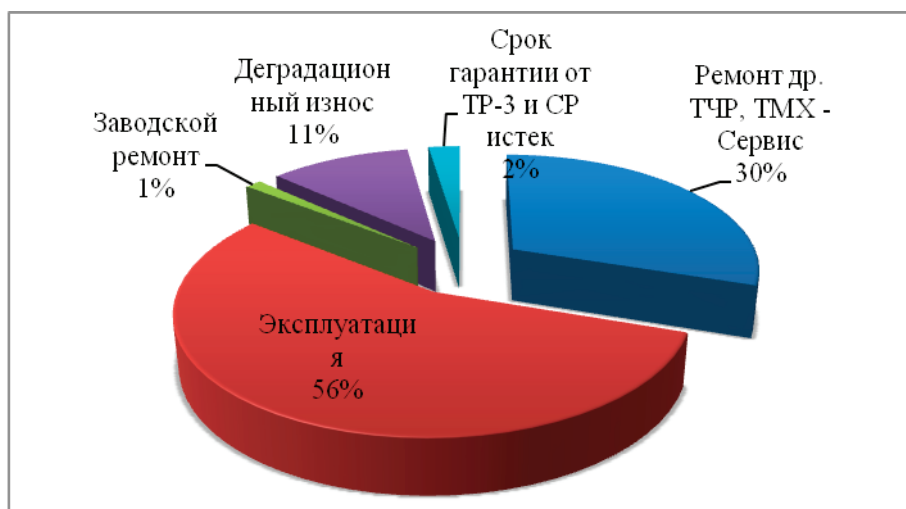


Рис.3. Причины неисправностей буксовых узлов

Поэтому подробное изучение технологических процессов ремонта буксовых узлов тягового подвижного состава в ВУЗах железнодорожного транспорта является актуальной задачей. Решение поставленной задачи возможно при создании и внедрении лабора-

торно-практических комплексов обучения для специализированных и высших учебных заведений, что и было определено в качестве цели настоящих исследований, результаты которых будут представлены в ближайшее время.

Литература:

1. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту узлов с подшипниками качения локомотивов и моторвагонного подвижного состава. ЦТ-330. Министерство Путей Сообщения Российской Федерации от 11.07.1995 г.
2. Движение по поврежденному участку Транссиба полностью восстановлено РИА «Новости»
3. Крупные железнодорожные катастрофы. 1989—2007 гг. (рус.). РИА Новости. Проверено 12 августа 2014. Архивировано из первоисточника 19 августа 2014.
4. Аксёненко, Н.Е. Приказ Министерства путей сообщения РФ № 18/Ц «О неудовлетворительном состоянии безопасности движения на Октябрьской железной дороге»

## Цифровые импульсные преобразователя напряжения под управлением микроконтроллера (Часть 1)

Межаков Олег Геннадьевич, магистрант

Институт компьютерных технологий и информационной безопасности Инженерно-технологической академии Южного федерального университета (г. Таганрог, Ростовская область)

*Рассмотрение вопросов выбора микроконтроллера для построения цифрового импульсного преобразователя напряжения.*

### 1. Введение

Прежде, чем обращаться к современности, важно вспомнить, с чего начиналась история создания цифровых источников питания и как, начиная с ранних исследовательских работ, которые выполнили в середине 1970-х годов Трэй Бёрнс (Trey Burns), Н.Р. Миллер (N. R. Miller) и другие, этот тип источников питания постепенно занял

свою нишу в отрасли и достиг того уровня, при котором для конструктора имеет смысл использовать данную технологию. Экспериментальное устройство, построенное тогда Бёрнсом, представляло собой повышающий преобразователь, работающий на частоте переключения 100 Гц. На первый взгляд, это, конечно, медленно, но такая медлительность была вынужденной, поскольку выполнение цифровой программы занимало до 450 мкс на одну

выборку. В роли цифрового контроллера выступал мини-компьютер PDP-11/45, а повышающий преобразователь был построен на основе катушки с разрезным П-образным сердечником (очень громоздким и тяжелым) индуктивностью 10 мГн и конденсатора емкостью  $\approx 13\,000$  мкФ. Исследовательская группа прикатила устройство к компьютеру на тележке.

## 2. Микроконтроллер

Как и в других отраслях, разработка новой технологии всегда порождает новые потребности, диктуя необходимость в выработке новых способов организации работы и стандартизации. Развитие цифровых ШИМ-контроллеров требовало связи с пользователем и наличие специального протокола.

В мае 2004 г. компании Artesyn Technologies и Astec Power совместно с группой поставщиков полупроводниковых компонентов (Texas Instruments, Volterra Semiconductors, Microchip Technology, Summit Microelectronics и Zilker Labs) создали коалицию для разработки открытого стандарта на коммуникационный аппарат и протокол, специально предназначенные для систем питания. Так появился стандарт под названием PMBus. По состоянию на конец 2007 г. в состав организации «*PMBus Implementers Forum*» (*PMBus-IF*) входило свыше 30 организаций, ставящих перед собой задачу обеспечивать поддержку этой технологии и способствовать ее внедрению. Компания «*Texas Instruments*» в линейки цифровых ШИМ-контроллеров «*Fusion Digital Power*» применяет только линию связи PMBus.

Несмотря на наличие шины PMBus с помощью, которой управляется цифровой ШИМ-контроллером, добавление собственных алгоритмов, чтение дополнительных параметров с внешних устройств является не доступным. Это накладывает ряд ограничений и порождает создание собственных разработок. Одним из решений может стать применение микроконтроллеров.

Необходимость собственных разработок обусловлена следующими причинами:

- импортозамещение,
- сложность источников питания,
- перенос кода на новые микросхемы.

Импортозамещение является на сегодняшний день первоочередной задачей особенно в военной отрасли. Из отечественных производителей микроконтроллеров можно выделить ОАО «НИИЭТ» и ЗАО «ПКК Миландр». Данными производителями налажен выпуск аналогов микроконтроллеров ведущих фирм таких как «Atmel Corporation», «Microchip Technology Inc», «STMicroelectronics». ОАО «НИИЭТ» и ЗАО «ПКК Миландр» могут поставлять свои изделия с приемкой заказчика («5»). Температурные режимы работы микросхем ориентированы на Российские требования от минус 60 до плюс 125 градусов по Цельсию, керамический корпус, позволяющий применять продукцию в космическом аппарата строения.

Сложность источников питания обусловлена растущими к ним требованиями. К основной функции это преобразование входного напряжения в заданное с последующей стабилизацией, добавляются функции:

- контроля напряжений и потребляемого тока,
- дистанционное включение/выключение преобразователя,
- включение/выключение выходных каналов по требованию,
- контроль температуры изделия,
- ведение log-файлов,
- наличие канала связи с другими устройствами, на случай пропадания входной сети. Функция «*Hold up time*»,
- наличие канала связи с пользователем.

Дополнительные функции требуют от разработчика установки микроконтроллера в преобразователь напряжения. Это приводит к удорожанию конечного изделия в следствии повышения сложности печатной платы при высокой плотности размещения компонентов и плотности монтажных соединений.

Одна из проблем являющаяся всегда острой, замена управляющих микросхем преобразователя при прекращении ее производства. Замену всегда можно найти, прогресс не стоит на месте. Ежегодно ведущие производители ШИМ-контроллеров предлагают массу новинок. Они могут превосходить своих предшественников по характеристикам, но также отличаться корпусом так, как тенденция минимизации присутствует везде. Следствием минимизации является изменение габаритных размеров корпуса, количество выводов микросхемы, то есть меняется тип корпуса и посадочное место на печатной плате. Все это приводит к новым расчетам электрической схемы, трассировки печатной платы и выпуску технической документации или изменений существующей. Цифровые преобразователи под управлением микроконтроллера отчасти лишены некоторых этих проблем, перенос алгоритма управления может быть осуществлен по средствам подключаемых библиотек. Это не только сокращает время модернизации, но и сокращает экономические затраты на изделие.

## 3. Аналого-цифровой преобразователь, генератор аналоговых сигналов

Цифровой преобразователь напряжения требует наличия у микроконтроллера:

- аналого-цифровой преобразователь (АЦП),
- генератор аналоговых сигналов (ШИМ).

Согласно выше перечисленным требованиям, то большинство современных микроконтроллеров подойдет для построения цифрового преобразователя стабилизированного напряжения. Но качество стабилизация выходного напряжения ограничивает количество применяемых микроконтроллеров. Рассмотрим принцип работы цифровой стабилизации выходного напряжения понижающего преобразователя, рисунок 1.



Рис. 1. Блок-схема цифрового преобразователя напряжения

Аналого-цифровой преобразователь представляет собой устройство для автоматического преобразования непрерывно имеющих во времени аналоговых величин в эквивалентные значения числовых кодов. С вывода « $V_{out}$ », величина напряжения поступает на вход АЦП напрямую, или через гальваническую развязку, или через резисторный делитель напряжения. Первая погрешность, влияющая на преобразование это точность резисторов, чем меньше процентность резисторов, тем ближе величина напряжения на выходе резисторного делителя будет к расчетным данным.

Процесс аналого-цифрового преобразования сигнала « $V_{out}$ » состоит из процессов квантования во времени и дискретизации по уровню. Принцип преобразования поясняется на рисунке 2:

Квантователь во времени преобразует входной сигнал « $V_{out}$ » в последовательность выборок этого сигнала « $V_{jT}$ » в моменты времени « $jT$ ». Дискретизатор по уровню превращает эту последовательность в последовательность кодов « $N_{i,j}$ », где индекс « $i$ » соответствует « $i$ »-му уровню, а индекс « $j$ » — моменту времени « $jT$ ».

Квантование (англ. sampling) состоит в том, что аналоговый сигнал заменяется последовательностью его значений в дискретные моменты времени. В цифровых системах присутствует два типа квантования: квантование по времени и квантование по уровню.

Квантование по уровню связано с тем, что АЦП имеет конечное число двоичных разрядов (чаще всего от 8 до

16). Это значит, что на выходе АЦП можно получить только ограниченное число различных кодовых значений (256 для 8-разрядного АЦП и 65536 для 16-разрядного). Поэтому при квантовании значения входного сигнала искажаются. Это является второй основной погрешностью, которую необходимо учитывать при расчетах.

Рассмотрим на примере. На вход АЦП поступает сигнал « $V_{out}$ » с максимальной величиной +2,56В, это величина опорного напряжения. Работа любого АЦП не возможна без источника опорного напряжения (ИОН). ИОН подразделяются на два типа: внутренний и внешний.

При 10-разрядном АЦП, точность измерений будет равна:

$$\frac{2,56}{2^{10}} = 0,0025(В) \tag{1}$$

При 16-разрядном АЦП, точность измерений будет равна:

$$\frac{2,56}{2^{16}} = 0,000039(В) \tag{2}$$

Сравнивая результаты, полученные в формулах (1), (2) можно сделать вывод, что при построении цифрового преобразователя напряжения величина разрядности АЦП влияет на точность вычисления управляющего воздействия.

Абсолютная точность АЦП — отклонение реального преобразования от идеального. Это составной результат

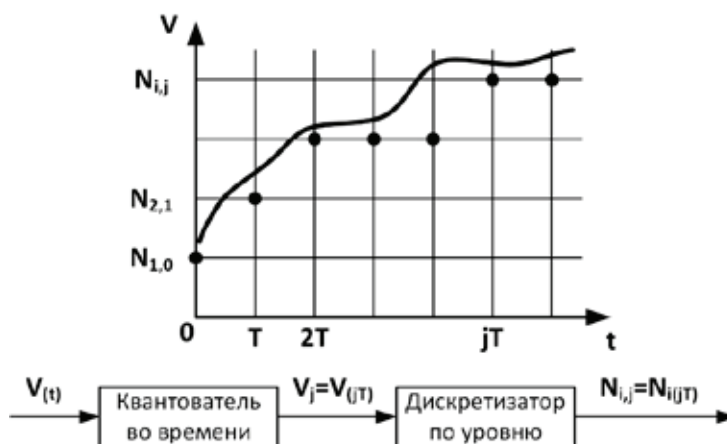


Рис. 2. Блок схема квантования сигнала « $V_{out}$ »

нескольких погрешностей АЦП. Выражается в количестве младших значащих разрядов (*LSB — least significant bit*) АЦП. Максимальная абсолютная погрешность АЦП микроконтроллера «Atmega8» равна 1.5 LSB. Вычислим абсолютную погрешность для 10-разрядного АЦП микроконтроллера «Atmega8»:

$$1,5 * \frac{2,56}{2^{10}} = 0,00375(\text{В}) \quad (3)$$

**Предельная частота дискретизации** определяет быстроедействие АЦП и измеряется в герцах или количестве выборок в секунду (*SPS — samples per second*). Например у микроконтроллера «Atmega8» эта величина равна 15 kSPS (килло семплов в секунду). Увеличение частоты дискретизации приведет к ухудшению точности результата преобразования АЦП.

Генератор аналоговых сигналов микроконтроллера, в зависимости от требуемой частоты аналогового сигнала, требуемого разрешения и типа используемого микроконтроллера, есть несколько способов получения его. Непосредственно на микроконтроллере с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ), используя функционал аппаратных таймеров или программную реализацию, с помощью встроенного цифроаналогового преобразователя (ЦАП). С помощью внешних схем цифроаналоговых преобразователей на дискретных элементах или с помощью внешних микросхем цифроаналоговых преобразователей. Самым экономически выгодным способом получения генерации аналогового сигнала является ШИМ микроконтроллера, так как экономится место на печатной плате. Современные микроконтроллеры имеют высоко разрядный встроенный ШИМ-генератор.

Рассмотрим, как работа цифрового преобразователя напряжения зависит от ШИМ'а. Микроконтроллер получает данные о величине выходного напряжения от АЦП. Согласно записанного в памяти алгоритма управления, микроконтроллер производит расчет величины управляющего воздействия, которая выражается во времени открытого состояния силового ключа. Значение управляющего воздействия необходимо записать в соответствующий регистр. Таким образом на выходе микроконтроллера должен получиться ШИМ-сигнал равный величине управляющего воздействия. Если установленное значение ШИМ будет отличаться от расчетного, то возникнет погрешность в виде отклонения выходного напряжения от желаемого. Не соответствие выходного напряжения увеличит значение ошибки и согласно алгоритму управления величина управляющего воздействия пере рассчитывается. В результате на осциллограмме можно будет наблюдать не стабильное выходное напряжения. Причина этому является не достаточное разрешение или минимальный шаг разрешения ШИМ-сигнала. Рассчитаем минимальный шаг изменения аналогового сигнала 8-разрядного счетчика ШИМ:

$$dV_{\alpha} = \frac{V_{\max}}{2^n} = \frac{5}{2^8} = 0.0195(\text{В}) \quad (4)$$

где  $V_{\max}$  — максимальная амплитуда аналогового сигнала (В);  $n$  — разрядность счетчика реализующего ШИМ.

Из формулы (4) следует, если значение управляющее воздействие не будет кратно шагу счетчика ШИМ-сигнала, то установится ближайшее значение кратное шагу счетчика и время открытого состояние ключа не будет соответствовать расчетному, что приведет к увеличению ошибки.

Любой импульсный преобразователь напряжения характеризуется частотой работы силового ключа. В цифровом преобразователе напряжения частота работы силового ключа зависит от микроконтроллера. **Частота ШИМ сигнала** будет определяться как:

$$F_{PWM} = \frac{F_{CPU}}{K * 2^n} \quad (5)$$

где  $F_{CPU}$  — тактовая частота микроконтроллера (Гц),  $K$  — коэффициент делителя счетчика,  $n$  — разрядность счетчика.

Например, тактовая частота микроконтроллера 8 МГц, коэффициент делителя равен 8, разрядность счетчика 8 бит. Тогда частота выходного ШИМ сигнала будет равна:

$$F_{PWM} = \frac{8000000}{8 * 2^8} = 3906 (\text{Гц}) \quad (6)$$

На основе формул (5) и (6) можно видеть зависимость качества ШИМ-сигнала от тактовой частоты микроконтроллера и разрядности счетчика. Современные микроконтроллеры могут тактироваться от внешнего или от встроенного RC-генератора. Существует несколько видов внешних генераторов, предпочтительно применять внешний кварцевый резонатор, так как его точность составляет 0,02%. Внешний кварцевый резонатор позволяет обеспечить устойчивую работу микроконтроллера при перепадах температуры окружающей среды.

#### 4. 8 или 32 разряда

В последние годы наблюдается активный переход разработчиков встраиваемых систем на использование 32-разрядной архитектуры. Самой важной причиной движения в сторону 32-разрядных микроконтроллеров является усложнение встраиваемых устройств под влиянием требований рынка. Так как встраиваемые продукты становятся все более функционально насыщенными, 8- и 16-разрядные МК не позволяют обеспечить требуемую производительность. Даже если 8- и 16-разрядные МК отвечают требованиям сегодняшних проектов, возможности дальнейшей модернизации таких устройств и повторного использования программного кода в будущих разработках уменьшаются.

Вторая причина преимущества 32-разрядных микроконтроллеров является несомненное превосход-



ство в производительности. Цифровой преобразователь напряжения должен быстро выполнять расчеты не только управляющего воздействия по напряжению, но также:

- режим контроля потребляемого тока,
- иметь несколько выходных каналов на различные напряжения,
- обрабатывать аварийный режим по каждому из каналов,
- выполнять расчет окружающей температуры, времени работы от аккумуляторной батареи,
- вести лог-файл.

Все выше перечисленное требует большой производительности от МК. Например, увеличение времени задержки расчета управляющего воздействия на силовой ключ может привести к повышению выходного напряжения при котором потребитель может выйти из строя. Причиной задержкой может стать разрядность МК. Многие команды 8-разрядных МК имеют

разрядность 16, 24 бит или другую, например, микроконтроллер PIC18 имеет длину команд 16 бит. ARM-процессоры Cortex-M3 и Cortex-M0 основаны на технологии Thumb-2, которая обеспечивает превосходную плотность кода. Данная технология поддерживает набор команд Thumb, который включает 16-битные команды, а также 32-битные команды. Поэтому 32-разрядный МК затратит один такт на 16-битную операцию, чего не сможет 8-разрядный МК.

## 5. Заключение

В первой части статьи «Цифровые импульсные преобразователи напряжения под управлением микроконтроллера» были рассмотрены основные вопросы, которыми надо руководствоваться при выборе МК для построения преобразователя напряжения. Во второй части статьи будут показаны плюсы и минусы применения 8 и 32-разрядных микроконтроллеров различных ведущих производителей.

Литература:

1. К. Ю. Поляков «Основы теории цифровых систем управления», 2006г
2. В. В. Григорьев, С. В. Быстров, В. И. Бойков, Г. И. Болтунов, О. К. Мансурова «Цифровые системы управления», 2011г
3. Benjamin, C. Kuo «Digital Control Systems»
4. <http://www.st.com>
5. <http://www.atmel.com>
6. <http://www.ti.com>
7. <http://www.milandr.ru>
8. <http://www.niiet.ru>

## Реализация модели приёмника 4-позиционного фазомодулированного сигнала в Simulink

Михеева Анастасия Игоревна, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

### Возможности Simulink по моделированию систем связи

Simulink является мощным пакетом программы Matlab, которой предназначен для моделирования линейных и нелинейных динамических систем. Для построения функциональной блок-схемы моделируемых устройств Simulink имеет большую библиотеку блочных компонентов и редактор блок-схем. Модель можно считать программой, которую можно просмотреть с помощью тестового редактора или с помощью редактора системы MATLAB.

У Simulink богатая библиотека компонентов, которая включает источники сигналов с практически любыми временными зависимостями, масштабирующие, линейные и нелинейные преобразователи с разнообразными формами передаточных характеристик, интегрирующие и дифференцирующие блоки и т.д.

В библиотеке имеется целый набор виртуальных регистрирующих устройств — от простых измерителей, например вольтметра или амперметра, до универсальных осциллографов, позволяющих просматривать временные зависимости выходных параметров моделируемых систем. Средства графической анимации Simulink позволяют получать наглядное представление результатов моделирования.

**Описание характеристик моделируемой системы**

Когда речь идет о производительности приемника подразумевается наличие некоторого уровня синхронизации сигнала. Тактовая синхронизация — это процесс установления точного временного соответствия между принимаемым сигналом и последовательностью тактовых импульсов. Тактовая синхронизация требуется в любой системе цифровой связи, которая передает информацию синхронно. Восстановление несущей требуется, если сигнал детектируется когерентно. [1]

В цифровых системах выход демодулятора должен периодически стробироваться с некоторым периодом для того, чтобы восстановить переданную информацию. Так как время распространения от передатчика к приёмнику обычно неизвестно, управление этим стробированием должно осуществляться от принимаемого сигнала.

Рассмотрим методы обеспечения синхронизации по несущей и тактам в приемнике. Для этого рассмотрим математическую модель для сигнала на входе приемника.

Пусть канал задерживает переданные сигналы и искажает посредством аддитивного гауссовского шума. Следовательно, принимаемый сигнал можно выразить так:

$$r(t) = s(t - \tau) + n(t),$$

где

$$s(t) = \text{Re}[s_l(t)e^{j2\pi f_c t}],$$

$t$  — время задержки при распространении волны,  $s_l(t)$  — эквивалентный низкочастотный сигнал.

Принимаемый сигнал также можно выразить:

$$r(t) = \text{Re}\{[s_l(t - \tau)e^{j\varphi} + z(t)]e^{j2\pi f_c t}\},$$

где  $\varphi = -2\pi f_c \tau$  — фаза несущей, обусловленная задержкой при распространении волны,  $z(t)$  — низкочастотный эквивалент шума.

Таким образом принимаемый сигнал можно представить так:

$$r(t) = s(t; \varphi; \tau) + n(t),$$

где  $\varphi$  и  $\tau$  — сигнальные параметры, которые должны быть оценены.

Чтобы того, чтобы упростить обозначения, можно обозначить через  $\Psi$  векторный параметр  $\{\varphi, \tau\}$ .

Существуют два основных подхода, которые широко используются для оценки сигнальных параметров: подход с использованием правила максимального правдоподобия (МП) и по правилу максимума апостериорной вероятности (МАВ). В правиле МАВ сигнальный векторный параметр считается случайным и характеризуется априорной плотностью вероятности  $p(\Psi)$ . По правилу максимального правдоподобия сигнальный векторный параметр  $\Psi$  трактуется как детерминированный, но неизвестный.

Формируя ортонормированное разложение  $r(t)$  по  $N$  ортонормированным функциям  $\{f_n(t)\}$ , мы можем представить  $r(t)$  вектором коэффициентов  $[r_1 r_2 \dots r_N] \equiv r$ . ФПВ случайных величин  $[r_1 r_2 \dots r_N]$  можно представить условной плотностью вероятности  $p(r|\Psi)$ . Тогда МП оценка  $\Psi$  — это величина, которая максимизирует  $p(r|\Psi)$ . С другой стороны, оценка МАВ — это величина  $\Psi$ , которая максимизирует апостериорную функцию плотности вероятности:

$$p(\Psi|r) = \frac{p(r|\Psi)p(\Psi)}{p(r)}.$$

В случае, когда неизвестна априорная плотность параметра  $\Psi$ , можно предположить, что  $p(\Psi)$  равномерно распределена во всей области значений параметра. В этом случае величина  $\Psi$ , которая максимизирует  $p(r|\Psi)$ , также максимизирует  $p(\Psi|r)$ . При этом оценки МАВ и МП совпадают.

В трактовке оценок параметров рассмотрим параметры  $\varphi$  и  $\tau$  как неизвестные, но детерминированные. Поэтому для оценки используем правило МП. При такой оценке сигнальных параметров требуется, чтобы приёмник извлекал оценку путем наблюдения принимаемого сигнала на интервале времени  $T_0 \geq T$ , который называется интервалом наблюдения.

Полагая, что аддитивный шум в канале  $n(t)$  является гауссовским и белым с нулевым средним, можно совместную ФПВ  $p(r|\Psi)$  выразить так:

$$p(r|\Psi) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\right)^N \exp\left\{-\sum_{n=1}^N \frac{[r_n - s_n(\Psi)]^2}{2\sigma^2}\right\},$$

где  $\sigma^2$  — дисперсия случайной величины  $r_n$ ,  $r_n = \int_{T_0} r(t)f_n(t)dt$ ,  $s_n(\Psi) = \int_{T_0} s(t; \Psi)f_n(t)dt$ ,  $T_0$  — интервал интегрирования в разложении  $r(t)$  и  $s(t; \Psi)$ .

Аргумент в экспоненте можно выразить через сигналы  $r(t)$  и  $s(t; \psi)$ . Тогда:

$$\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{n=1}^N [r_n - s_n(t; \psi)]^2 = \frac{1}{N_0} \int_{T_0} [r(t) - s(t; \psi)]^2 dt,$$

где  $N_0$  — спектральная плотность мощности случайного процесса  $n(t)$ .

Теперь максимизация  $p(r|\psi)$ , по сигнальному параметру  $\psi$  эквивалентна максимизации функции правдоподобия

$$\Lambda(\psi) = \exp \left\{ -\frac{1}{N_0} \int_{T_0} [r(t) - s(t; \psi)]^2 dt \right\}.$$

Рисунок 1 иллюстрирует блок-схему демодулятора и детектора для двоичной ФМ.

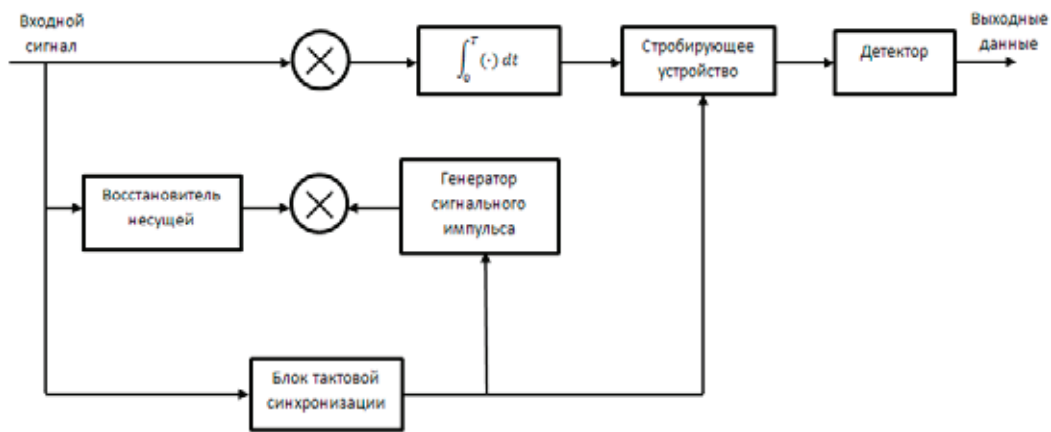


Рис. 1. Блок-схема приёмника двоичной ФМ

Видим, что оценка фазы несущей  $\hat{\varphi}$  нужна при генерировании опорного сигнала  $g(t)\cos(2\pi f_c t + \hat{\varphi})$  для коррелятора. Синхронизатор тактов управляет стробирующим устройством и генератором сигнального импульса. В случае, когда сигнальный импульс прямоугольный, генератор сигнального импульса можно исключить.

Блок-схема демодулятора для М-позиционной ФМ показана на рисунке 2. В этом случае требуется два коррелятора (или согласованных фильтра) для корреляции принимаемых сигналов с двумя квадратурными несущими  $g(t)\cos(2\pi f_c t + \hat{\varphi})$  и  $(t)\sin(2\pi f_c t + \hat{\varphi})$ , где  $\hat{\varphi}$ -оценка фазы несущей. Фазовый детектор сравнивает фазы принимаемого сигнала с возможными к передаче фазами сигнала

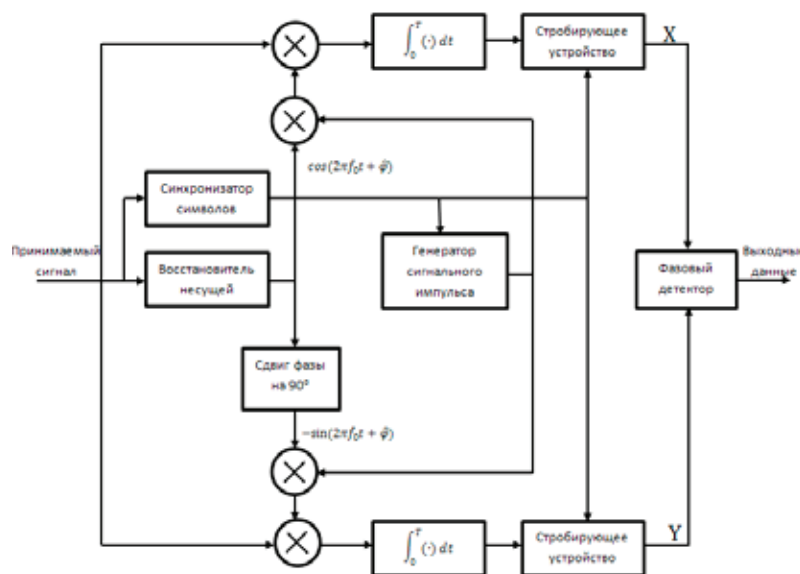
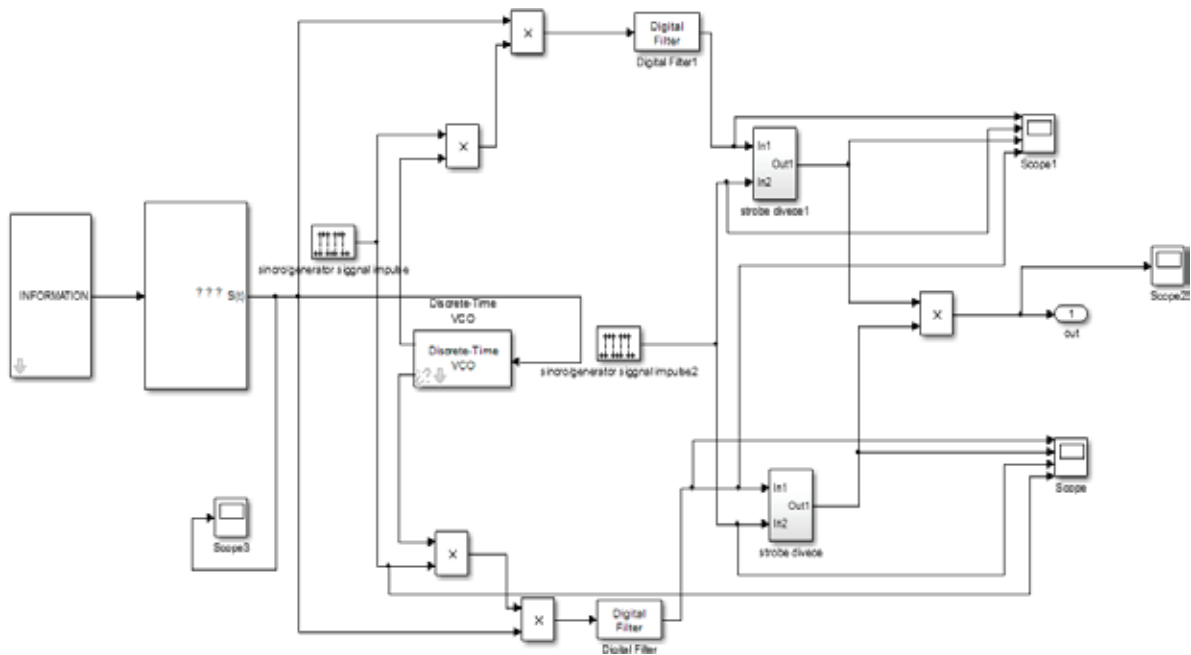


Рис. 2. Блок-схема приёмника М-позиционной ФМ

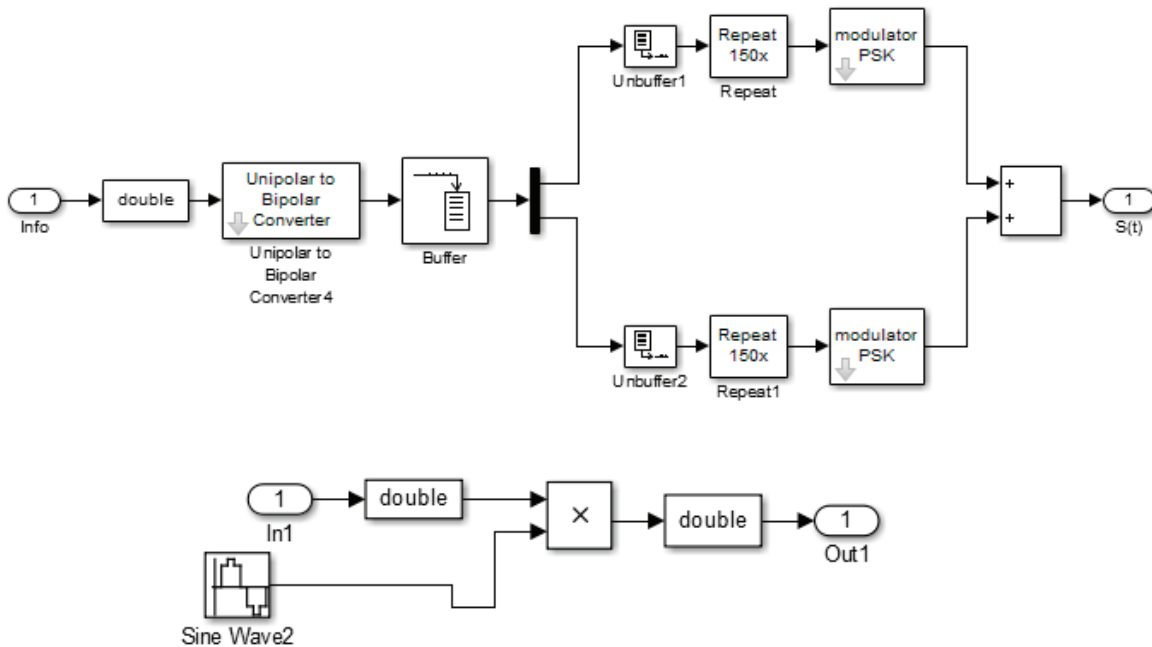
**Описание модели Simulink**

Реализация блок-схемы приёмника 4-позиционной ФМ (QPSK) показана на рисунке 3.



**Рис. 3. Реализация приёмника 4-позиционной ФМ в Simulink**

В качестве принимаемого сигнала мы используем QPSK сигнал, который формируется при помощи блоков INFORMATION и Transmitter S (t). Входным параметром блока INFORMATION является  $F = 1/\tau = 20 / (0.5e-6)$ .



**Рис. 4. Подсистемы блоков Transmitter S (t) и modulator PSK**

Входным параметром блока modulator PSK является  $f = 1 / (40e6)$ . В блок Sine Wave1 записываются следующие параметры:

- Amplitude = 1;
- Phase = 0 rad;



- Frequency =  $2\pi \cdot f_{пч} = 2 \cdot \pi \cdot 400e6$  rad/sec;
- Sample time =  $1/f_{нec} = 1/3e9$  s.

А в блок Sine Wave2 (для второго modulator PSK):

- Amplitude = 1;
- Phase =  $\pi/2$  rad;
- Frequency =  $2\pi \cdot f_{пч} = 2 \cdot \pi \cdot (400e6)$  rad/sec;
- Sample time =  $1/f_{нec} = 1/3e9$  s.

Полученный QPSK сигнал мы можем увидеть, используя осциллограф scope 3. Показания осциллографа изображены на рисунке 5.

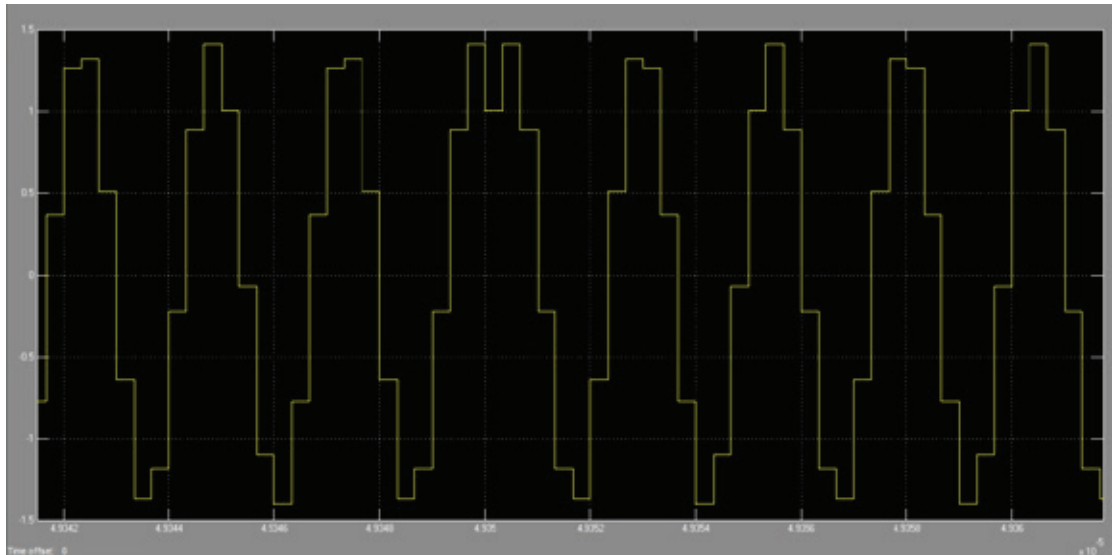


Рис. 5. QPSK сигнал

В процессе восстановления несущей мы используем блок Discrete-time VCO, подсистема которого изображена на рисунке 6. Входными параметрами данного блока являются:

- Output amplitude = 1 V;
- Quiescent frequency =  $400e+6$  Hz;
- Input sensitivity = 10000 Hz/V;
- Initial phase = 0 rad;
- Sample time =  $1 / (3e+9)$  s.

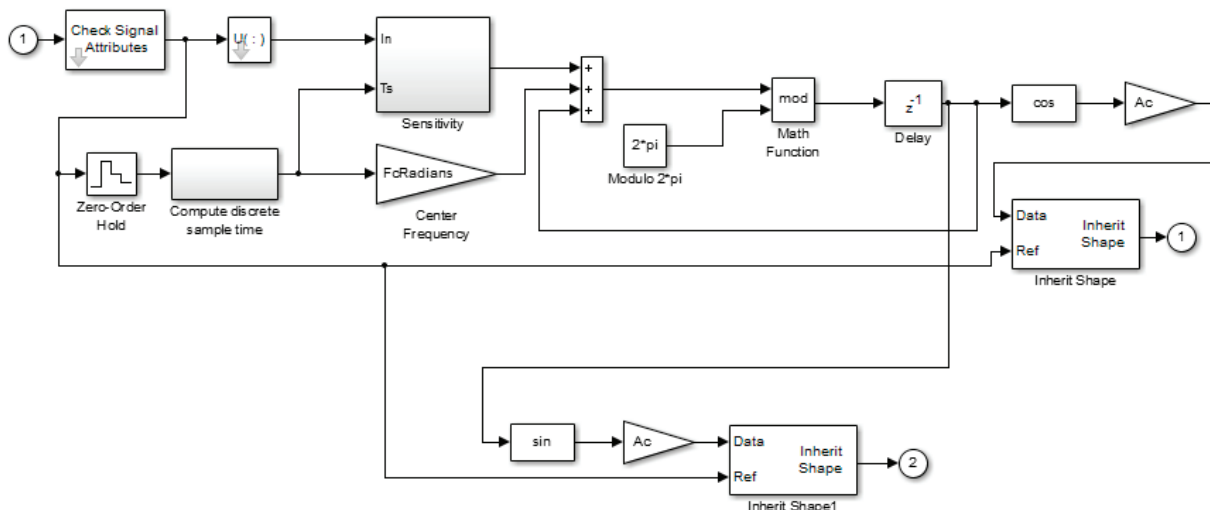


Рис. 6. Подсистема блока Discrete-time VCO

Блок sincro/generator signal impulse используется в схеме в качестве синхронизатора символов и описывается следующими параметрами:

- Amplitude=1;
- Period (number of samples) =20;
- Pulse width (number of samples) =10;
- Phase delay (number of samples) =0;
- Sample time= 1/3e9.

В качестве генератора сигнального импульса мы используем блок sincro/generator signal impulse2, который описывается параметрами:

- Amplitude=1;
- Period (number of samples) =400;
- Pulse width (number of samples) =200;
- Phase delay (number of samples) =10;
- Sample time= 1/3e9.

Для корреляции сигналов с двумя квадратурными несущими мы используем два согласованных фильтра, роль которых в схеме играют блоки Digital Filter и Digital Filter1. Далее сигналы подаются на входы стробирующих устройств. Показания осциллографов scope1 и scope изображены на рисунках 7 и 8 соответственно.

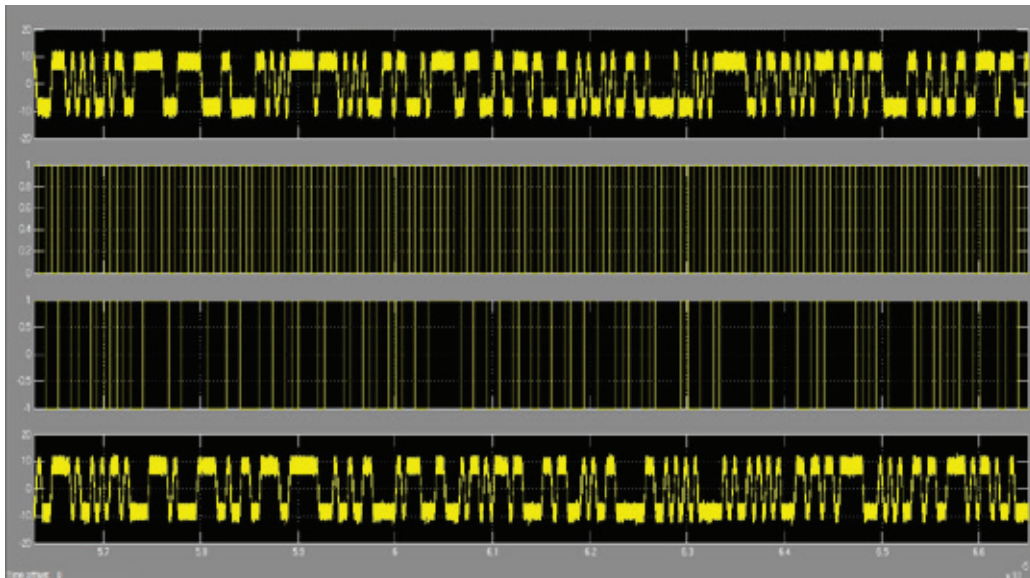


Рис. 7. Показания осциллографа scope1

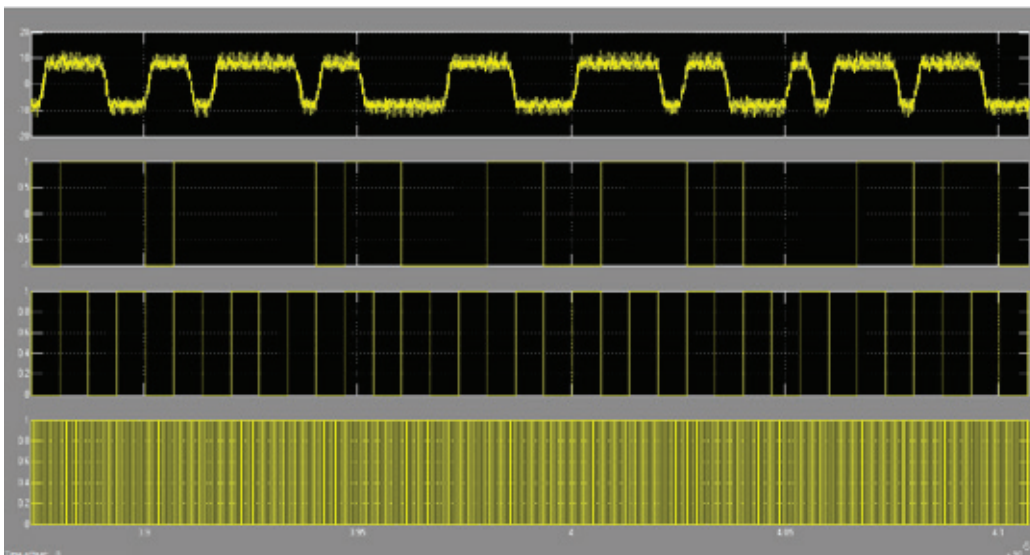


Рис. 8. Показания осциллографа scope2

Далее сравниваются фазы двух сигналов, и мы получаем сигнал на выходе приёмника, который изображен на рисунке 9.

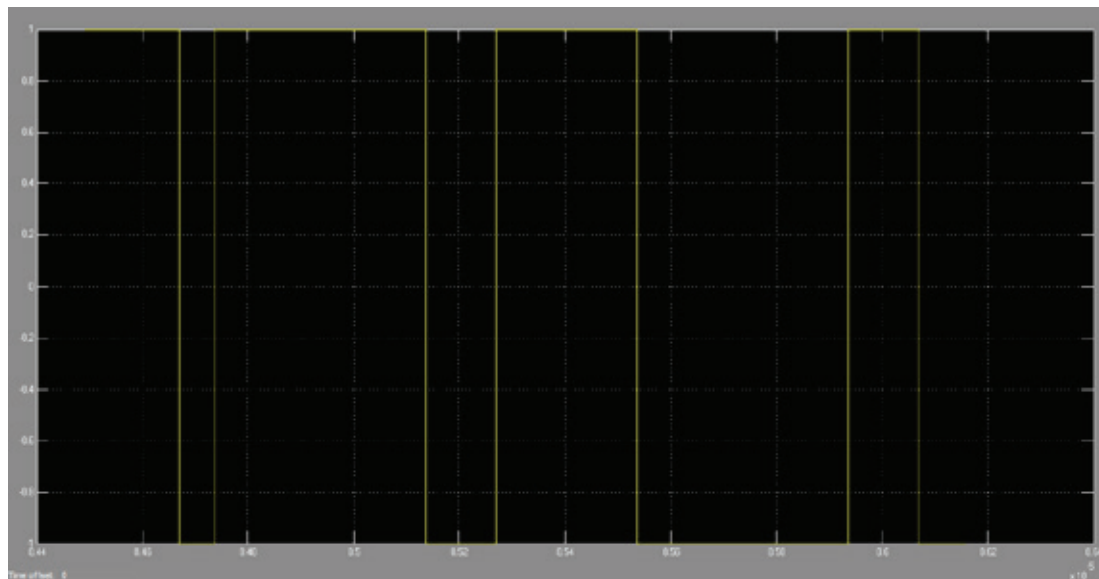


Рис. 9. Показания осциллографа score3

Литература:

1. Прокис Джон «Цифровая связь» М.: Радио и связь, 2000. — 800 с.
2. Черных, И. В. «Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink» М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. — 288 с.

## Анализ причин ДТП в городе Артеме и разработка мероприятий по их предупреждению

Нестеренко Михаил Сергеевич, студент;  
Пресняков Владимир Александрович, кандидат технических наук  
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса

В данной статье рассматривается возможность снижения количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в городе Артеме, за счет анализа причин ДТП и их предотвращения путем использования приборов автоматической фото и видео фиксации нарушений, средств пропаганды и установки светофорного регулирования.

По мнению представителей правоохранительных органов, оснащение дорог видеоприборами станет нужной и серьезной мерой, воздействующей на профилактику нарушений. Основная часть ДТП происходит из-за превышения скорости, выезда на встречную полосу и нарушения правил обгона.

Основные нарушения, которые фиксируются фото и видеоприборами на наших дорогах:

1) превышение скорости, является основным нарушением правил дорожного движения, из-за которого соб-

ственно и решили осуществить ввод фото и видео фиксации автомобилей.

2) выезд на встречную полосу, это грубое нарушение, которое в случае аварийной ситуации может создать тяжелые последствия. При остановке инспектором, влечет за собой большой административный штраф или лишение прав управления транспортным средством.

3) выезд на выделенную полосу движения, такие полосы предназначены для общественного транспорта, но многие автомобилисты используют их не по назначению.

4) не пристегнутый ремень безопасности, камеры использующие такую функцию тоже достаточно широко распространены по всей России. Прибор делает фотоснимок, если водитель не был пристегнут ремнем безопасности.

Был проведен анализ аварийности в городе Артеме за 2012–2014 год, рост дорожно-транспортных проис-

шествий приходится на 2012 год (было зарегистрировано 250 учетных ДТП, в которых погибло 40 человек), это связано с автомобилизацией населения. С 2011 года в Приморье началось оборудование дорог приборами фото и видео фиксации, что повлияло на снижение аварийности и существенно повлияло на снижение смертности в результате ДТП. В 2014 году количество учетных ДТП, по сравнению с 2012 годом, в городе сократилось на 7%.

В таблице 1 указаны основные виды ДТП в городе и их количество. К ним относится: наезд на пешехода, столкновения, опрокидывания, наезды на препятствия, наезды на стоящие транспортные средства и иные не относящиеся к данной группе такие как падение груза, наезд на гужевой транспорт, выпадение пассажиров.

Проанализировав данные по аварийности в городе, были выявлены основные причины дорожно-транспортных происшествий в процентном соотношении, они отображены на рисунке 1.

Из рисунка видно, что основными причинами ДТП в городе это нарушения правил проезда перекрестка, несоблюдение дистанции и нарушение скоростного режима.

### Решение проблем с количеством ДТП в городе

Исходя из данной статистики, можно выделить несколько путей снижения количества ДТП в городе:

1) установка и усовершенствование светофорного регулирования на перекрестках с высокой аварийностью. Светофорное регулирование является неотъемлемой частью повышения безопасности на дорогах. За счет его ввода можно разгрузить перекрестки, увеличить скорость проезда и улучшить качество движения.

Светофоры предназначены для поочередного пропуска участников движения через определенный участок дорожной сети, а также для обозначения опасных участков дорог. В зависимости от условий светофоры применяются для управления движением в определенных направлениях или по отдельным полосам данного направления:

а) в местах, где встречаются конфликтующие транспортные, а также транспортные и пешеходные потоки (пересечения, пешеходные переходы);

б) по полосам, где направление движения может меняться на противоположное;

в) на железнодорожных переездах, разводных мостах, причалах, паромах, переправах;

Таблица 1. Виды ДТП

По виду ДТП	2012г	2013г	2014г
Столкновения	133	124	112
Опрокидывания	21	22	18
Наезд на пешехода	77	71	69
Наезд на препятствие	9	7	13
Наезд на стоящее ТС	10	8	5
Иные	7	11	4

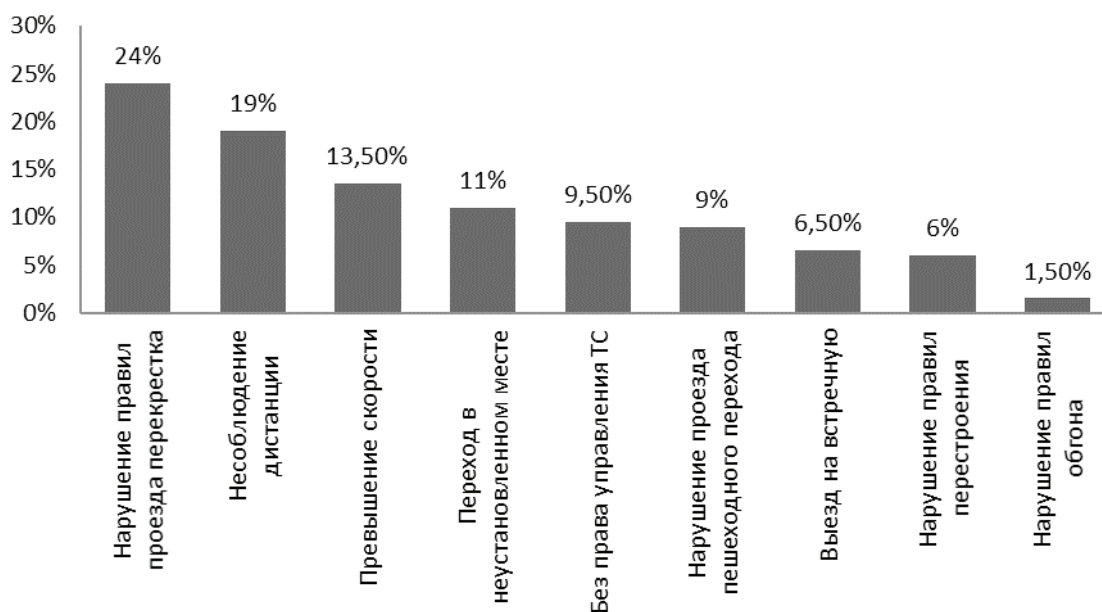


Рис. 1. Причины ДТП в городе Артеме



г) при выездах автомобилей спецслужб на дороги с интенсивным движением;

д) для управления движением маршрутных транспортных средств.

Светофоры классифицируются по их функциональному назначению (транспортные, пешеходные); по конструктивному исполнению (одно-, двух- или трехсекционные с дополнительными секциями); по их роли, выполняемой в процессе управления движением (основные, дублиеры, повторители).

Светофорное регулирование выполняет задачу автоматического чередования фаз зеленого и красного сигналов для обеспечения безопасности при пересечении интенсивных транспортных и пешеходных потоков разных направлений, регулирования очередности проезда потоков разных направлений таким образом, чтобы обеспечивать максимальную пропускную способность пересечений автомобильных дорог.

2) Ввод и усовершенствование приборов фото и видео фиксации. Ввод данной системы позволит снизить скорость транспортного потока на опасных участках. Она позволяет фиксировать скорость и государственный номер автомобиля, что позволит в случае нарушения правил дорожного движения с легкостью отыскать виновника.

В данный момент на вооружении у автоинспекции имеются следующие системы фиксации нарушений:

а) комплекс Арена стационарно устанавливаемые «Арены» комплектуются кронштейнами, блоками питания от сети 220 В и устройствами защиты от грозы. Длина зоны контроля не более 8 м, ширина — не более 10 м. Одновременно может контролировать до 2-х полос движения.

Фотографии с нарушениями могут передаваться в центр сбора данных с помощью проводной или радиосети. Возможен перенос данных на носителе информации. Фотографии содержат изображение автомобиля, дату и время снимка, скорость движения. Дополнительно сохраняется информация о месте контроля и разрешенной скорости движения.

Для оперативного реагирования на нарушения, рубеж контроля скорости может передавать данные с помощью радиоканала на мобильный пост ДПС, удаленный от рубежа на расстояние до 1.5 км. Дополнительно, каждая Арена может быть оснащена устройством подсветки для обеспечения работы в темное время суток и специальным программным обеспечением для автоматического распознавания государственных регистрационных знаков

б) Визир — **видеозаписывающий измеритель скорости. Этот комплекс** не только измеряет скорость движущихся транспортных средств, но и позволяет делать фото и видеозапись нарушителей, что является неоспоримым доказательством при решении конфликтных ситуаций. Радар позволяет измерять скорость в стационарном и патрульном режимах, на расстоянии не менее 400 м.

Прецизионный объектив с 10-кратным оптическим увеличением обеспечивает чистое, детализированные,

высококонтрастное изображение с отличной цветопередачей и малыми искажениями. Чувствительная матрица от SONY позволяет работать при низкой освещенности от 2, 5 люкс. 2.5 дюймовый ЖК-дисплей обеспечивает яркое и четкое изображение в режиме съемки и при просмотре полученных снимков и видеозаписей. «ВИЗИР» может работать в двух режимах: контроль с измерением скорости и контроль без измерения скорости. В первом случае, с помощью функции «Радар», инспектором задается порог скорости. Прибор обеспечивает внесение в кадр информацию о дате, времени и скорости транспортных средств.

Прибор выполнен в малогабаритном корпусе, вес менее 2 кг. Может легко помещаться в руке инспектора ГИБДД, работает от встроенной батареи 2–3 часа;

3) Установка средств пропаганды, агитационных стендов и плакатов в городе. Такие средства мотивируют участников движения не совершать нарушений правил дорожного движения. Пропаганда безопасности дорожного движения представляет собой целенаправленную деятельность, осуществляемую субъектами пропаганды по распространению знаний, касающихся вопросов обеспечения безопасности дорожного движения, разъяснению законодательных и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, регламентирующих поведение участников дорожного движения.

Субъектами пропаганды являются подразделения Госавтоинспекции, средства массовой информации, автотранспортные предприятия, общественные объединения, деятельность которых связана с дорожным движением, а также дошкольные и иные образовательные учреждения.

Основными задачами Госавтоинспекции по пропаганде являются:

а) информирование населения о состоянии безопасности дорожного движения;

б) формирование у участников дорожного движения правосознания и культуры в области дорожного движения, уважительного отношения к действующим правилам, нормативам и стандартам, относящимся к обеспечению безопасности дорожного движения, установление партнерских взаимоотношений между участниками дорожного движения и сотрудниками Госавтоинспекции;

в) воспитание дисциплинированности граждан, чувства долга и личной ответственности за свое поведение в процессе дорожного движения.

В данный момент в Приморском крае действует программа «Повышение безопасности дорожного движения в Приморском крае» на 2013–2017 годы». В ходе введения мероприятий данной программы планируется повысить безопасность движения за счет ввода систем фото и видео наблюдения на дорогах с автоматической фиксацией нарушений правил дорожного движения, проведение организационно-планировочных и инженерных мер по совершенствованию движения транспортных средств и пешеходов.

Проведя анализ данных мероприятий, можно прийти к выводу, что для повышения безопасности на дорогах

необходим ввод полного комплекса описанных выше методов организации безопасности движения.

Литература:

1. ГОСТ Р 52289–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств»
2. <http://www.kolesa.ru/article/oruzhie-gibdd-perechen-radarov-i-antiradarov-k-nim-2014-11-17>
3. <http://www.center-bereg.ru/k1001.html>

## Изучение химико-биологических процессов, протекающих в зерне

Нормуродов Бобомурод Рузимуратович, ассистент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*В статье излагаются химические процессы, протекающие в зерне, причины их возникновения и последствия этих явлений при хранении и переработки зерна.*

Под действием ферментов в прорастающем зерне начинается расщепление всех высокомолекулярных соединений крахмала, белков и переход их в низкомолекулярные вещества, которые могут быть использованы для питания зародыша. Расщепление запасных веществ зерна сопровождается образованием новых клеток в зародыше. Таким образом, процесс прорастания зерна характеризуется двумя взаимно противоположными, но неразрывно связанными между собой процессами — гидролизом запасных веществ эндосперма и синтезом новых веществ в прорастающем зародыше, изменяющими химический состав зерна.

Как известно, дыхание зерна — главнейший энергетический процесс прорастания. Оно протекает под действием оксидаз, которые являются передатчиками кислорода и производят окисление сахаров:

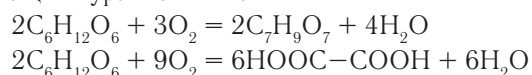


Под действием ферментов крахмал превращается в сахара, которые окисляются до углекислоты и воды с выделением 2822 кДж (674 ккал) тепла на грамм-молекулу глюкозы. Приблизительно 20–25% крахмала превращается в сахар, из них 9–11% идет на дыхание, 3–4% на построение корешков и ростков и 8–12% остается в солоде в виде сахара, поэтому солод имеет сладковатый вкус.

Приведенное уравнение дыхания показывает, почему в прорастающем зерне происходит нагревание, отпотевание и выделение углекислого газа. В результате выделения тепловой энергии при дыхании температура в слое прорастающего зерна повышается. Повышение температуры зерна способствует усилению его дыхания. Чем выше температура, тем интенсивнее дыхание и образование ферментов, но в то же время тем выше потери. Но даже небольшое увеличение потерь на дыхание, хотя бы на 0,1% вызывает при выработке 1000 т солода потерю 1 т наиболее ценной составной части зерна — экстракта.

Приток кислорода воздуха стимулирует процесс дыхания, а накапливающаяся углекислота замедляет. Углекислый газ затормаживает жизненные процессы в зерне и даже может полностью приостановить дыхание зародыша. Иногда это свойство углекислоты используют для подавления дыхания зародыша.

В процессе дыхания растительной клетки происходит одновременно как полное, так и частичное окисление сахаров. Неполное окисление сахаров характеризуется следующими уравнениями:



Недостаточный приток воздуха при замачивании и прорастании нарушает естественное дыхание зерна. Такое явление наблюдается в прорастающем зерне (расположенном высоким слоем) при повышенной температуре и значительном количестве накопившейся углекислоты. Происходит так называемое интрамолекулярное дыхание, в результате которого образуются углекислота и спирт. Последнее обстоятельство заставляет предполагать, что в солоде при известных условиях вырабатываются ферменты зимазного комплекса, которые превращают сахар в этиловый спирт и углекислоту:



Процесс интрамолекулярного дыхания сопровождается отнятием кислорода из соединений, входящих в состав зерна. Продукты этого процесса вредны для растительной клетки, которая при определенном их накоплении погибает.

В зависимости от степени аэрации в прорастающем зерне наряду с углекислотой всегда образуется некоторое количество продуктов неполного окисления и сбраживания сахаров и продуктов их взаимодействия — органических кислот, спиртов и эфиров. Из кислот в солоде найдены щавелевая, лимонная, яблочная, молочная, ян-

тарная, муравьиная, уксусная, пропионовая. Благодаря образованию кислот, спиртов и эфиров зеленый солод приобретает специфический приятный запах, напоминающий запах свежих огурцов.

При прорастании зерен, включающем дыхание и рост зародыша, происходят значительные изменения углеводов.

Под действием амилаз происходит расщепление крахмала (амилолиз). Проникновение амилазы внутрь клеток облегчается действием цитазы, которая разрушает стенки крахмалсодержащих клеток. Цитаза гидролизует гемицеллюлозы и растворяет стенки клеток, оставляя каркас процинаемым для других ферментов.

Наряду с продуктами амилолиза крахмала (глюкоза, мальтоза, мальтотриоза и мальтодекстрины) при солодоращении образуется значительное количество сахарозы и других сахаров, состоящих из остатков фруктозы. Фруктоза, сахароза и фруктозаны (полисахариды, состоящие из остатков фруктозы) составляют 30% общего количества продуктов расщепления крахмала. Сахароза и другие углеводы, в состав которых входит фруктоза,

синтезируются в зародыше и только позже появляются в других частях зерна. По мере проращивания содержание сахарозы в зародышах зерен уменьшается, что объясняется ее расходом на дыхание на ранних стадиях прорастания зерна.

Образование сахарозы из крахмала сопровождается затратами ее на дыхание. При этом крахмал сначала превращается в глюкозо-1-фосфат, переходящий под действием гексокиназы в глюкозо-6-фосфат, который фосфогексоизомеразой превращается во фруктозо-6-фосфат и, наконец, фруктозо-6-фосфат под действием фосфогексокиназы превращается в фруктозо-1,6-дифосфат. Вследствие пониженной температуры солодоращения процессы синтеза замедляются, и поэтому избыток фруктозо-дифосфата также под действием ферментов и при участии нуклеотидов превращается в сахарозу. Синтез фруктозанов и сходственных полисахаридов происходит подобным же образом в присутствии специфических нуклеотидов. Таким образом, источником остатков фруктозы, сахарозы и фруктозана солода являются фосфаты фруктозы, образующиеся при дыхании зародыша.

#### Литература:

1. Установка для производства солода по статическому способу / [И. Г. Лернер, А. М. Гавриленков, В. В. Ковбасюк и др.]. — Ферментная и спиртовая промышленность, 1978. № 6.
2. Методы биохимического исследования растений // Под ред. А. И. Ермакова. — Л.: Колос, 1972.
3. Уайат, А., Хенглер Ф. И др. Основы биохимии. В 3-х томах. Т. 2. — М.: Мир, 1981.

## Разработка технологии функционального напитка на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями

Овчаров Даниил Владимирович, студент  
Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

Недостаточное поступление микронутриентов с пищей — общая проблема всех цивилизованных стран. Рацион питания, достаточный для восполнения умеренных энергозатрат, не может обеспечить организм необходимым количеством витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон, потребность в которых у современного человека существенно возросла вследствие роста стрессовых и экологически неблагоприятных факторов [1,2]. Зарубежный и отечественный опыт свидетельствуют, что эффективно и экономически доступно обеспечить население микронутриентами можно за счет создания недорогих комбинированных пищевых продуктов, обогащенных витаминами, минеральными веществами и пищевыми волокнами [3].

Широкое распространение получили комбинированные продукты на основе молочной сыворотки. Сыворотка технологична в переработке, что облегчает полу-

чение разных типов новых продуктов. Кроме того, вкус молочной сыворотки хорошо сочетается со вкусом вводимых компонентов [2]. В настоящее время большое внимание уделяется разработке продуктов для лечебного и профилактического питания, обогащенных различными биологически активными веществами, в том числе и витаминами. [3,4]. Овощи являются основным источником минеральных солей и витаминов. Содержание в овощах органических кислот (яблочная, лимонная, винная) и ароматических веществ способствует улучшению аппетита, хорошему усвоению пищи.

Целью исследования являлась разработка технологии новых напитков функционального назначения на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями.

В исследовании использовали творожную сыворотку ТМ «Кубанский молочник» (ст. Брюховецкой, Краснодарского края, ЗАО «СК «Ленинградский»). В таблице 1

представлен химический состав творожной молочной сыворотки (ГОСТ 53438–2009).

Наличие в сыворотке большого количества лактозы делает ее хорошей средой для различных типов брожений (молочнокислородное, спиртовое, пропионовокислородное и другие),

а наличие белков позволяет повышать биологическую ценность вырабатываемых на ее основе продуктов. Сывороточные белки, которые являются важным компонентом сыворотки, оптимально сбалансированы по аминокислотному набору [1].

Таблица 1. Химический состав творожной молочной сыворотки, %

Показатели	Норма
Массовая доля сухих веществ, всего	6,3
В том числе:	
лактозы	4,7
белков	0,8
молочного жира	0,2
минеральных веществ	0,6
Кислотность, T <sup>0</sup> , не более	75
Плотность, кг/м <sup>3</sup> , не менее	1023
Температура, °C, не выше	6

При подборе микрофлоры и разработке технологии функциональных напитков на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями необходимо учитывать специфические требования, предъявляемые к продуктам функционального назначения. К ним относятся физиологичность микрофлоры для организма, умеренная кислотность продукта, достаточное количество клеток жизнеспособных микроорганизмов, вводимых с заквасками, повышение питательной и биологической ценности, усвояемости и гигиенической надежности продукта.

Известно, что бифидобактерии дают достаточно высокий урожай клеток, способствуют улучшению вкуса продукта, устойчивы к кислой реакции среды и, следовательно, имеют высокие адгезивные свойства (выживаемость в желудочно-кишечном тракте в процессе микробной трансформации). Бифидобактерии являются основными представителями нормофлоры кишечника человека и это — единственный вид среды микроорганизмов, у которых не выявлено патогенных для человека свойств [3]. Ацидофильные палочки вырабатывают естественные антибиотики, которые подавляют рост бактерий группы кишечной палочки и др., оказывают направленное действие на некоторые метаболические процессы, важные для ускорения восстановления и повышения работоспособности организма [2,5].

Учитывая вышеизложенное, для разработки функционального напитка на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями был выбран бактериальный концентрат, состоящая из комбинации культур *B.bifidum* 791 и *L. acidophilus* в соотношении 5:1. Как показано в работе [3,6] выбранная комбинация при использовании сухого концентрата бифидобактерии, обеспечивает комбинированной закваске высокие органолептические и реологические показатели, достаточное количество жизнеспособных клеток.

Источником минеральных солей, витаминов, органических кислот и ароматических веществ, способству-

ющих улучшению аппетита и хорошему усвоению пищи наибольший интерес представляет топинамбур, свекла и морковь [7,8].

Для определения пробиотических свойств используемой закваски изучали влияние овощного пюре на динамику сквашивания молока бакконцентратом, состоящим из *B.bifidum* 791 и *L.acidophilus*. На основании исследований литературных источников и практики в технологии напитков из молочной сыворотки был выбран процент вносимой закваски — 3%.

При исследовании влияния растительных добавок на кинетику сквашивания молока в него вносили пюре свеклы, моркови и топинамбура в количестве 25%. Полученные смеси пастеризовали, охлаждали до температуры заквашивания и вносили концентрат бифидобактерий. Термостатирование проводили при температуре 37 °C в течение 24 часов, контролем служил образец без растительных добавок. Введение растительных добавок интенсифицирует процесс ферментации. На конец срока сквашивания (24 часа) титруемая кислотность образцов с добавлением пюре овощей превышают контроль.

Следующей задачей, являлось определение влияния введения растительных добавок на динамику сквашивания творожной сыворотки бакконцентратом. Для этого пюре овощей вносили в сыворотку в количестве 30%, контролем служила сыворотка без растительных добавок. В течение 24 часов закваска не проявляет активности.

Полученные результаты можно объяснить тем, что сыворотка, как среда для развития микроорганизмов, отличается от молока по массовой доле лактозы и активной кислотности, поэтому ее ферментация сухим бакконцентратом продолжительна по времени и приводит к его перерасходу.

Для обеспечения оптимальных условий развития микроорганизмов бакконцентрата необходимо было снизить уровень кислотности творожной сыворотки. На практике



для нейтрализации сыворотки используются различные химические вещества (растворы аммиака, гидроксида натрия и др.) [3]. Исходя из этого, необходимо сначала проводить активацию бакконцентрата, а затем вносить активированный концентрат непосредственно в сыворотку.

Активизация бакконцентрата проводилась двумя способами: активизация в обезжиренном молоке, до нарастания активной кислотности 4,9–5,2 ед.; активизация в нейтрализованной сыворотке, до нарастания кислотности 4,9–5,2 ед.

Ранее был проведен подбор раствор для нейтрализации (раскисления) творожной сыворотки и для этого был выбран раствор питьевой соды (гидрокарбоната натрия). Выбранная концентрация раствора пищевой соды позволяет качественно провести нейтрализацию до  $\text{pH} = 6,2\text{--}6,6$  ед. перед началом процесса ферментации.

Нейтрализацию проводили добавлением в сыворотку 5%  $\text{NaHCO}_3$  до значения  $\text{pH} = 6,2\text{--}6,6$  ед. Введение растительных добавок интенсифицирует процесс кислотообразования. Наилучшие результаты были получены при использовании пюре топинамбура. Незначительно меньшая активность наблюдалась в образцах с пюре моркови и свеклы. Таким образом, введение растительных добавок, до сквашивания позволяет интенсифицировать процесс кислотообразования и тем самым сократить процесс ферментации. Установлено, что при использовании заквасок прямого внесения для ферментации сыворотки необходима предварительная их активизация. Наилучшие результаты наблюдаются при внесении концентрата, активированного на нейтрализованной и электроактивированной сыворотке. В дальнейших испытаниях использовали закваску, приготовленную на нейтрализованной сыворотке.

Для разработки рецептуры функционального напитка необходимо подобрать оптимальное соотношение компонентов (топинамбур: морковь: свекла) для составления овощного пюре, при котором достигался наибольший пребиотический эффект, и при этом продукт обладал хорошими органолептическими показателями. С целью решения этой задачи пюре овощей вносили в сыворотку в количестве от 10 до 40%, контролем служила сыворотка без растительных добавок.

После серии опытов выяснилось, что увеличение массовой доли растительного компонента интенсифицирует процесс кислотообразования, но одновременно с этим ухудшаются органолептические показатели продукта, поэтому оптимальной нормой внесения пюре является 20–30%. Наибольший эффект достигался при использовании топинамбура. Это объясняется тем, что топинамбур богат инулином, который используется в процессе жизнедеятельности отдельными видами бифидобактерий как питательное вещество.

Из проведенных ранее исследований можно сделать вывод, что образцы с пюре топинамбура уступают по внешнему виду, образцам с пюре моркови и свеклы, поэтому с целью улучшения органолептических свойств

предложено использовать комбинации пюре топинамбур: морковь: свекла. Следует отметить, что свекла содержит природный краситель бетанин, который хорошо растворим в воде и способен давать более интенсивное окрашивание. Пюре из моркови в технологии сывороточного напитка также улучшает цвет продукта за счет наличия красящих пигментов — каротиноидов — и усиливает профилактические свойства за счет наличия таких функциональных ингредиентов, как пантотеновая кислота и ее производные, пищевые волокна и витамины. Пантотеновая кислота и ее производные обладает ростстимулирующим действием в отношении различных штаммов бифидобактерий.

Таким образом, добавление растительных компонентов при получении функциональных напитков из молочной сыворотки позволяет не только улучшать вкусовые качества продукта, сбалансировать микронутриентный состав, но и усилить пробиотический эффект и придать продукту симбиотические свойства.

Дегустационный анализ является наиболее распространенным и, вместе с тем, наиболее объективным и надежным способом оценки качества продуктов. Для дегустации были выбраны 3 опытных образцов сывороточного напитка с овощным пюре, состоящим из топинамбура, моркови и свеклы в соотношении:

1. Образец 1.— пюре топинамбура 70%, моркови 20%, свеклы 10%.
2. Образец 2.— пюре топинамбура 60%, моркови 20% свеклы 20%.
3. Образец 3.— пюре топинамбура 50%, моркови 25%, свеклы 25%.

Результаты дегустации показывают, что наиболее низкие оценки дегустационной комиссии получил образец № 3 — в образце преобладает насыщенный яркий цвет, вкус и запах свеклы, не свойственный сывороточному напитку. Наиболее высокие оценки получил образец 1 — образец обладает мягким кисло-сладким вкусом, с запахом внесенного ароматизатора; цвет — приятный свекловичный, равномерный по всей массе, консистенция — однородная, в меру вязкая жидкость. На основании полученных данных дальнейшие исследования будут проводиться с опытным образцом 1 — т.е. в качестве овощной добавки при выработке функционального напитка на основе творожной сыворотки будет использоваться пюре, состоящее из 70% топинамбура, 20% моркови, 10% свеклы.

На кафедре технологии хранения и переработки животноводческой продукции ФГБОУ ВПО «Кубанский ГАУ» была выработана опытная партия разработанного функционального напитка на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями. Результаты исследования физико-химических показателей представлены в таблице 2.

Результаты исследования микробиологических показателей представлены в таблице 3.

Данные таблиц 3 и 4 свидетельствуют о том, что сывороточный напиток с овощным наполнителем по всем физико-химическим и микробиологическим показателям со-

Таблица 2. Физико-химические показатели сывороточного напитка с овощными наполнителями

Показатели	Значение
Массовая доля сухих веществ, %	12,8
Кислотность, °Т	70–120
Массовая доля жира, %	3,47
Температура, °С	4±2
Фасфотаза	Отсутствует

Таблица 3. Микробиологические показатели сывороточного напитка с овощным наполнителем

Показатели	Значение
Молочнокислые микроорганизмы, не менее	107
Бифидобактерии, не менее	106
Объем продукта (см <sup>3</sup> ), в котором не допускаются: БГКП (колиформы)	0,01 25
патогенные микроорганизмы (в т.ч. сальмонеллы) S.aureus	1,0 —
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50
Плесени, КОЕ/г, не более	50

ответствует требованиям Технического регламента ФЗ РФ № 78.

В результате исследования роста молочнокислых и бифидобактерий в сывороточном напитке с овощным наполнителем, установлено, что в нем содержание жизнеспособных клеток как молочнокислых микроорганизмов, так

и бифидобактерий остается на высоком уровне в течение всего срока хранения.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований дают основание для вывода о целесообразности производства функциональных напитков на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями.

#### Литература:

1. Лихацкая, С. В. Разработка технологии сывороточных напитков и желе с использованием продуктов переработки свеклы: Дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04; Кемерово 2003 123с. РГБ ОД, 61:04–5/266–5.
2. Еникеев, А. Ф. Пути совершенствования переработки молочной сыворотки // Молочная промышленность — № 2, 2006. С 19–24.
3. Gullón, B. et al. (2009) Prebiotic potential of a refined product containing pectic oligosaccharides // LWT — Food Science and Technology 44, 1687–1696;
4. Бердина, А. Н. Аминокислотный состав липопротеидов подсолнечника и пшеницы / А. Н. Бердина, Н. В. Ильчишина, Н. С. Безверхая // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2008. — № 2–3. — с. 26–28.
5. Бердина, А. Н. Биологическая ценность семян подсолнечника и продуктов их переработки / А. Н. Бердина, Н. В. Ильчишина, Н. С. Безверхая // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2008. — № 5–6. — с. 44–45.
6. Воронова, Н. С. Совершенствование технологии получения белковых изолятов из подсолнечного жмыха и их использование для повышения пищевой ценности мучных кондитерских изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Воронова Наталья Сергеевна. — Краснодар, 2011. — 133 с.
7. Воронова, Н. С. Разработка технологии функционального напитка на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями / Н. С. Воронова, Д. В. Овчаров // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 104. — с. 953–969.
8. Воронова, Н. С. Обогащение мучных кондитерских изделий модифицированным белковым изолятом из подсолнечного жмыха / Н. С. Воронова, Д. В. Овчаров // Молодой ученый. — 2015. — № 5–1 (85). — с. 29–32.

## Совершенствование технологии получения белковых изолятов из подсолнечного жмыха

Овчаров Даниил Владимирович, студент  
Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

Подсолнечный жмых — побочный продукт маслоэкстракционного производства, получаемый после извлечения масла из семян масличных растений. По аминокислотному составу и биохимической ценности белки подсолнечного жмыха превосходят белки зерновых злаков: они содержат больше лизина, метионина, цистина и триптофана [1]. Значительно больше в них также кальция и фосфора. Подсолнечный жмых беден каротином, но богат витаминами группы В [3,4,5].

Особенности технологического процесса на маслодобывающих прессовых предприятиях — очистка семян от примесей, обрушивание и отделение плодовой оболочки, а также измельчение, нагрев измельченного материала, отжим масла, и как следствие, глубокая денатурация белков семян — исключают возможность получения из них пищевых белковых продуктов без дополнительной обработки, повышающей биологическую ценность и улучшающей технологические характеристики белков. [2,6]. Для направленного регулирования функциональных свойств белков и повышения биологической ценности применяют различные методы обработки: термоденатурацию, химическую и ферментную модификации. [6,7] В настоящее время наибольший интерес представляет биомодификация с использованием растительных и микробных протеаз. Ферменты позволяют в мягких технологических режимах и с использованием природных агентов воздействовать на исходные субстраты, получая оптимальные результаты при минимальных затратах (в сравнении с термическими и химическими воздействиями) [8,9,10].

Цель данной работы — сравнение влияния ферментативной модификации белковых изолятов, полученных из подсолнечного жмыха, на их фракционный состав.

Объектом исследования служил белковый изолят, полученный по модифицированному способу [11] из подсолнечного жмыха, отобранного на маслопрессовом пред-

приятии ООО «Светлый путь», (ст. Платнировская Краснодарского края).

В качестве ферментных препаратов растительной и микробной природы использовали соответственно вытяжку ферментов пророщенных семян подсолнечника (РП) и подсырную молочную сыворотку (ПМС).

Для приготовления ферментной вытяжки РП поверхность семян подсолнечника обеззараживали 0,01% раствором сорбиновой кислоты в соотношении 1:2, увлажняли до влажности 150% (гидромодуль 1:3), затем проращивали при температуре 27°C в течение 72 часов. Пророщенные семена измельчали и заливали дистиллированной водой в соотношении 1:5 по массе и выдерживали при температуре 4–6°C в течение 60 мин. Полученную суспензию фильтровали. Фильтрат использовали в качестве препарата РП с высокой протеиназной активностью, которым обрабатывали исследуемый белковый изолят из подсолнечного жмыха.

В качестве источника микробных протеаз использовали подсырную молочную сыворотку (ГОСТ Р 53438–2009), полученную на сыродельном комбинате «Ленинградский» (ст. Ленинградская, Краснодарский край). В таблице 1 представлен химический состав подсырной молочной сыворотки, полученной при производстве сыра Российский (ГОСТ 11041–88).

Анализ данных таблицы 1 показывает, что за счет содержания поваренной соли в подсырной соленой молочной сыворотки содержится значительное количество сухих веществ. Так же благодаря содержанию поваренной соли, которая является естественным консервантом, соленая сыворотка может храниться достаточное время, без значительного ухудшения качества.

В результате предварительных экспериментов были определены оптимальные условия модификации: температура 25–35°C и время экспозиции 45–60 минут.

Модификацию белкового изолята проводили экзопро-теазами по трем вариантам: ферментной вытяжкой из

Таблица 1. Химический состав подсырной молочной сыворотки, %

Показатели	Массовая доля
Сухих веществ, в т.ч.:	8,71 ± 0,44
лактозы	4,6 ± 0,23
белков	0,95 ± 0,05
молочного жира	0,48 ± 0,02
минеральных веществ	0,68 ± 0,03
поваренной соли	2,0 ± 0,1
Кислотность, Т°	25 ± 1,25
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	23 ± 1,15

пророщенных семян подсолнечника (РП); микробными ферментами подсырной молочной сыворотки (включая сычужные ферменты сыворотки) (ПМС), а также совместно с использованием растительных и микробных ферментов (СиРП).

Количественную оценку распределения электрофоретических фракций белковых изолятов проводили методом капиллярного электрофореза на анализаторе Капель — 103Р (фирма «Люмикс», Санкт-Петербург) [12].

Качественную оценку белковых фракций до и после ферментативных модификаций проводили методом капиллярного электрофореза, оценивая площадь пиков на хроматограммах. Электрофоретические спектры, белкового изолята до модификации характеризуются семью близкими по площади фракциями — площади их пиков

колеблются от 0,1129 до 0,6771 мАУ×сек (рисунок 1). Преобладает фракция, пик которой, появляется на хроматограмме на 17 минуте, площадью 32,4% от абсолютной площади всех фракций пробы. Первая фракция, представленная тремя пиками общей площадью 18,7%, выходит в хроматограмме на 10 минуте. Остальные минорные фракции присутствуют в минимальных количествах и представлены однотипными пиками, появляющимися на хроматограмме на 11, 20 и 22 минутах и имеющими относительные площади 12,09%, 14,11% и 11,34%, соответственно.

На двадцать четвертой минуте выходит заключительная фракция, занимающая 9,01% от общей площади хроматограммы. Общая площадь пиков контрольного образца составляет 2,089 мАУ×сек.

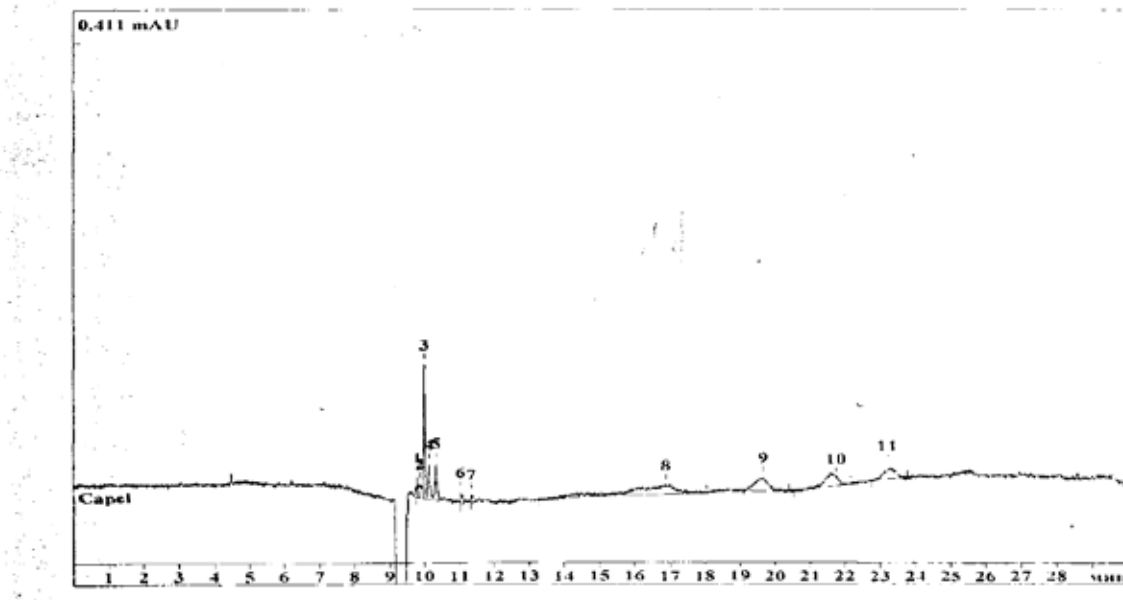


Рис. 1. Электрофореграмма распределения электрофоретических фракций белкового изолята до модификации

Как следует из полученных хроматограмм, электрофоретических фракций модифицированных белковых изолятов, существенно отличаются от исходных белковых изолятов. Так число пиков возрастает с 11, площадью 2,089 мАУ×сек, для немодифицированного белкового изолята и до 21 с площадью 24,203 мАУ×сек для белкового изолята, модифицированного СиРП. Хроматограмма белков, модифицированных РП, показала наличие 11 фракций, представленных 17 пиками (общей площадью 39,65 мАУ×сек), в то время, как хроматограмма белкового изолята, модифицированного ПМС, показала 8 фракций и 19 пиков (общей площадью 28,73 мАУ×сек), а хроматограмма комплексной ферментативной модификации — 13 фракций и 21 пик (общей площадью 24,20 мАУ×сек). Таким образом, комплексная ферментативная модификация и модификация РП привела к увеличению скорости разделения пиков на 6 минут, по сравнению с нативным белковым про-

дуктом, а модификация ПМС сократила время на 4,5 минуты.

Для белков, модифицированных РП, время удерживания трех пиков первой высокомолекулярной фракции уменьшилось на 3 минуты, а при комплексной модификации — 5 пиков на 4,5 минуты. Таким образом, комплексная модификация вызвала дифференциацию первой фракции с трех пиков с общей относительной площадью 18,7%, до пяти — площадью 13,6%, от общей относительной площади пиков фракций соответствующего белкового продукта.

Хроматограмма белкового продукта, модифицированного отдельно ПМС, характеризуется меньшим количеством фракций (на 3 фракции) и временем удерживания пиков (на 6 минут) при большем их количестве по сравнению с модификацией белкового изолята РП. При этом важно заметить, что белковый изолят, модифицированный РП, на электрофоретических спектрах пред-



ставлен наиболее крупной фракцией на пике 16 площадью 25,9058 мАУ×сек и заключительной фракцией, появляющейся на 29 минуте площадью 8,3365 мАУ×сек. Остальные минорные фракции присутствуют в минимальных количествах — площадь их пиков колеблется от 0,0048 мАУ×сек до 2,5118 мАУ×сек.

Хроматограмма белкового изолята, модифицированного ПМС, характеризуется рядом однотипных по конфигурации и абсолютной площади пиков, отличающимися от хроматограммы белков, модифицированных РП, наибольшей площадью, в пределах от 0,0440 мАУ×сек до 5,5930 мАУ×сек.

Заключительная фракция, появляющаяся на 19 минуте, имеет относительную площадь 0,15%, причем для всех других описываемых хроматограмм площадь пика заключительной фракции выше и доходит до 21%.

На хроматограмме белкового изолята, модифицированного последовательно СиРП (рисунок 4), наблюдается наибольшее количество пиков и фракций, при одновременном уменьшении площади основных фракций и снижении времени их удерживания, что указывает на углубление гидролитических процессов. Три пика высокомолекулярной фракции нативного белкового продукта при комплексной модификации дробятся на пять пиков, плотно идущих друг за другом, с сокращением времени выхода на 3 минуты. Первоначально характерны пики, имеющие пологий, сглаженный рельеф среднемолекулярной фракции нативного белкового продукта, после комплексной модификации, растительными и микробными протеазами, характерны вытянутые пики и выходят быстрее уже на 10 минуте против 13 минуте соответствующих пиков нативного белкового продукта.

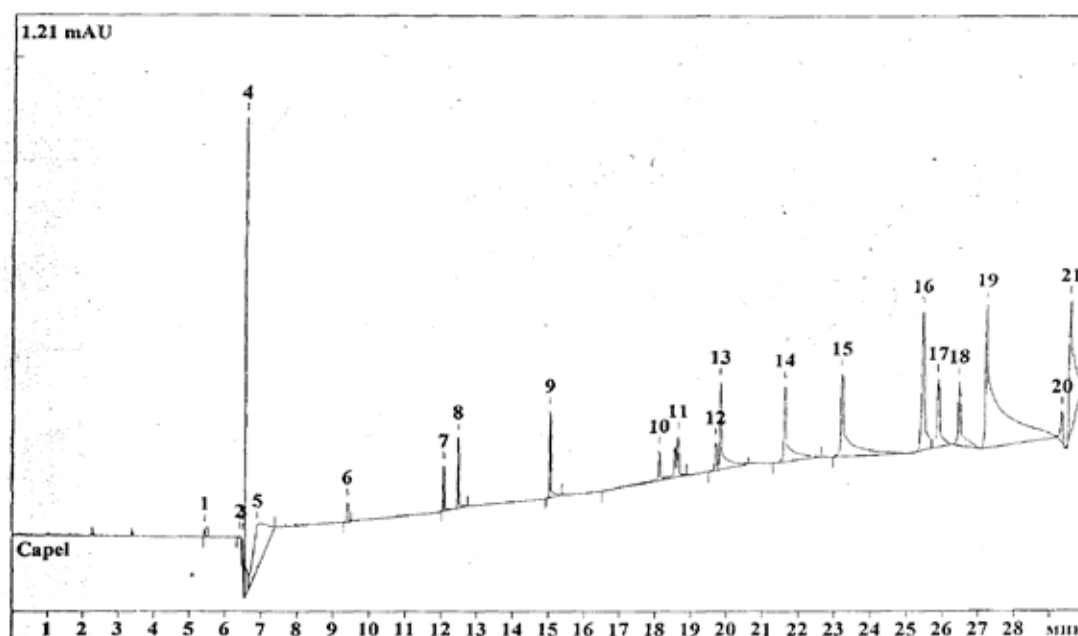


Рис. 2. Электрофореграмма распределения электрофоретических фракций белкового изолята модифицированного СиРП

Таким образом, под влиянием комплекса протеаз различного происхождения в белковом продукте появляется значительное количество глубоко гидролизированных

белковых фракций, отличающихся от исходных меньшей молекулярной массой и измененным фракционным составом.

Литература:

1. Бердина, А. Н. Аминокислотный состав липопротеидов подсолнечника и пшеницы / А. Н. Бердина, Н. В. Ильчишина, Н. С. Безверхая // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2008. — № 2–3. — с. 26–28.
2. Безверхая, Н. С. Влияние ферментативной модификации белкового изолята из подсолнечного жмыха на качество мучных изделий / Н. С. Безверхая, Н. В. Ильчишина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2011. — № 4. с. 46–47.
3. Воронова, Н. С. Исследование химического состава и функциональных свойств белковых изолятов, полученных из подсолнечных семян и жмыха / Н. С. Воронова, А. Н. Бердина, Е. С. Кудлаева // Вестник НГИЭИ. — 2012. — № 8. — с. 37–45.

4. Бердина, А. Н. Биологическая ценность семян подсолнечника и продуктов их переработки / А. Н. Бердина, Н. В. Ильчишина, Н. С. Безверхая // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2008. — № 5–6. — с. 44–45.
5. Безверхая, Н. С. Сравнительная характеристика двух биотипов гибридного подсолнечника с различным жирокислотным составом запасных липидов / Н. С. Безверхая, Н. В. Ильчишина, С. Г. Ефременко, В. Г. Щербаков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2010. — № 2–3. — с. 17–19.
6. Безверхая, Н. С. Влияние ферментативной модификации подсолнечных белковых изолятов на их аминокислотный состав и биологическую ценность / Н. С. Безверхая, Н. В. Ильчишина, А. Н. Бердина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2010. — № 27. — с. 187–190.
7. Воронова, Н. С. Совершенствование технологии получения белковых изолятов из подсолнечного жмыха и их использование для повышения пищевой ценности мучных кондитерских изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Воронова Наталья Сергеевна. — Краснодар, 2011. — 133 с.
8. Модифицированные белковые изоляты из подсолнечного жмыха / Н. С. Воронова. — Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. — с.109.
9. Воронова, Н. С. Разработка технологии функционального напитка на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями / Н. С. Воронова, Д. В. Овчаров // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 104. — с. 953–969.
10. Бердина, А. Н. Липопротеиновый комплекс семян подсолнечника / А. Н. Бердина, Воронова Н. С., Нестеренко А. А. — Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. — с. 105.
11. Воронова, Н. С. Распределение электрофоретических фракций белковых изолятов из подсолнечного жмыха / Н. С. Воронова, Д. В. Овчаров // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 104. — с. 953–969.
12. Воронова, Н. С. Обогащение мучных кондитерских изделий модифицированным белковым изолятом из подсолнечного жмыха / Н. С. Воронова, Д. В. Овчаров // Молодой ученый. — 2015. — № 5–1 (85). — с. 29–32.

## Основные проблемы метода оценки износа технологического оборудования химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств для обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов

Орешкин Александр Юрьевич, технический директор;  
Шлячков Денис Алексеевич, начальник лаборатории;  
Юшков Александр Борисович, ведущий специалист  
ООО «Промтехмониторинг» (г. Волгоград)

*В статье рассмотрены методы оценки и определения скорости коррозии технологического оборудования в зависимости от условий эксплуатации (температура, давление, среда) и материального исполнения в процессе проведения технического диагностирования оборудования нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств для обеспечения промышленной безопасности. Рассмотрены некоторые особенности видов коррозионного разрушения основного металла и сварных соединений для различных групп сталей.*

**Ключевые слова:** техническое диагностирование, промышленная безопасность, нефтехимия, нефтепереработка, скорость коррозии, методика оценка, эксплуатация.

*The article discusses methods for assessing and determining the rate of corrosion of process equipment, depending on the operating conditions (temperature, pressure, environment) and material in the execution of technical diagnostics equipment petrochemical and refining industries. Some features of types of corrosion fracture of the base metal and welded joints for different groups of steels.*

**Keywords:** technical diagnosis, industrial safety, petrochemicals, petroleum refining, the corrosion rate, the method of assessment, operation.

В настоящее время сложились определенная методика технического диагностирования технологического оборудования, определяющая, что основным фактором,

снижающим работоспособность нефтехимического и нефтеперерабатывающего оборудования, является коррозионный износ.

Некоторые из экспертов приходят к заключению, по которому степень коррозионного уменьшения толщины стенки аппарата является достаточной для расчетного определения допустимого срока дальнейшей эксплуатации, что исключает необходимость осмотра и контроля состояния металла с внутренней стороны корпуса.

На данный момент отрасль обеспечена нормативной документацией по методам оценки коррозионного износа металла. Однако её использование экспертами может приводить к проблемам по интерпретации полученных результатов. По нормативам основным методом замера коррозионного износа является ультразвуковая толщинометрия, которая проводится по фиксированным точкам, а расчет скорости коррозии определяется по разнице толщины стенки в точке контроля за период времени между двумя измерениями. При контроле в условиях производства метрологическая погрешность прибора суммируется с погрешностью, вызываемой условиями производства (неравномерность толщины проката, неравномерность коррозии, точность калибровки толщиномера, различным качеством подготовки поверхности металла, квалификации оператора и другими факторами). Совокупность погрешностей может достигать ошибки до 0,5 мм.

Для оценки прочности стенки аппарата такая оценка может быть допустимой, однако для оценки глубины коррозионного износа не может быть однозначной.

У рассматриваемого способа есть и другие погрешности. Например, в случае утери мест замеров толщины приходится все начитать заново. Кроме того, зачастую приходится использовать фактически имеющейся небольшой промежуток времени между двумя сериями замеров (1 ÷ 4 года), что вносит существенную погрешность в расчетное определение скорости коррозии.

Для уменьшения погрешности применяют многократный контроль, проводимый в течение длительного времени. Получение при этом большого количества замеров дает возможность применения разработанной к настоящему времени статистический аппарат обработки экспериментальных данных и тем самым несколько уменьшить ошибки по определению истинного износа, обусловленные различными условиями проведения измерений и различной степенью подготовки поверхности под толщинометрию. Однако при значительной глубине коррозионного износа заметно проявляется неравномерный характер износа, что может приводить к большим ошибкам и делает статический анализ малоэффективным. Таким образом метод оценки скорости коррозии по изменению толщины стенки в большом количестве случаев не является объективным и достоверным. Во всех сомнительных случаях этот метод должен быть дополнен по результатам наружного и внутреннего осмотров, позволяющего оценить равномерность коррозионного износа и отсутствие локальных видов коррозии (язвенной коррозии, межкристаллитной коррозии, коррозионного растрескивания под напряжением и т.д.).

Помимо оценки скорости коррозии с помощью замера толщины стенки существуют также другие методы, при которых применяются образцы-свидетели, а также постоянно совершенствуемый метод оценки коррозии с помощью коррозионных зондов.

Метод определения скорости коррозии по образцам-свидетелям основан на определении потери массы образцов из той же марки стали, что и элементы обследуемого корпуса. Образцы-свидетели на некоторое время устанавливаются во внутреннюю полость аппарата. Поскольку определение массы образца можно измерить с высокой точностью, то время выдержки образца-свидетеля внутри корпуса может быть уменьшено даже при незначительной скорости коррозии. Особую ценность этот метод приобретает в тех случаях, когда необходимо определить вид и характер коррозионного поражения металла, а обследуемый объект недоступен для внутреннего осмотра. Однако этот метод также имеет существенные ограничения в применении. Во-первых, образцы никогда не моделируют точную коррозионную ситуацию в различных зонах оборудования (вход продукта, выход продукта, изменения формы конструкции, застойные зоны, места перегрева и т.д.). Не учитывают они также изменение режима эксплуатации (рабочий режим, стояночный режим). Поэтому данный метод определения скорости коррозии также дает приближенные результаты, требующие уточнения другими способами. Вместе с тем образцовый способ определения скорости коррозии полезен также тем, что располагая образцы в различных зонах конструкции с различными условиями эксплуатации, появляется возможность сравнения коррозионной обстановки в этих зонах.

Исходя из изложенного можно заключить, что более точные значения скорости общей коррозии, которые допустимо использовать при анализе работоспособности оборудования, можно получить только при сравнении значений скорости, полученной различными методами.

Однако делать окончательные выводы о работоспособности конструкции только по результатам потери её массы или толщины несущей стенки совершенно недопустимо. Для этого необходимо понимание существа коррозионных процессов, свойств материалов, технологических сред, температурных условий работы, без которого не представляется возможным представить объективной картины влияния рабочих условий на остаточный ресурс работы оборудования. Кроме того, неизбежное чередование режимов эксплуатации по температуре, давлению, пусковым и остановочным режимам эксплуатации существенно влияет не только на скорость общей коррозии, но и на полное изменение физико-химической обстановки, которое приводит к погашению одного вида коррозии и появлению другого вида (например, замене общей коррозии коррозионным растрескиванием под напряжением, межкристаллитной коррозией и т.д.).

Например, при эксплуатации оборудования нефтехимических производств в составе технологических отло-

жений на внутренней поверхности характерно наличие различных сульфидов металлов, которые являются продуктом высокотемпературной или низкотемпературной сернистой коррозии. При свободном доступе кислорода в режиме простоя эти соединения вступают в химическую реакцию с образованием сероводородной, серной и полиотионовых кислот. Эти химические соединения обладают повышенной агрессивностью. Могут вызывать интенсивную коррозию углеродистых и низколегированных сталей, причем с изменением характера повреждений и появлением различных видов коррозии: общей, язвенной, коррозионного растрескивания. Причем низколегированные стали подвергаются неравномерной коррозии с очаговым характером повреждений, а аустенитные стали под действием полиотионовых кислот становятся чувствительны к межкристаллитной коррозии и коррозионному растрескиванию под напряжением. Таким образом, стояночная коррозия приводит к изменению не только количественных показателей коррозии, но и к изменению вида коррозионного поражения металла.

Следует отметить, что наиболее характерные виды коррозионного поражения металла определяются не только условиями эксплуатации (температура, среда, давление) но и составом материала.

Например, углеродистые стали в основном подвергаются высокотемпературной коррозии в сероводородных газовых средах при температуре выше 260°C и содержанием  $H_2S$  более 0,005%, поэтому эти стали в основном применяются ниже этой температуры. Для этих сталей наиболее вероятно общая коррозия, но возможна и язвенная, а иногда и коррозионное растрескивание под напряжением.

Для защиты от высокотемпературной газовой коррозии применяются хромомолибденовые теплоустойчивые стали 15X5M, X9M, 15XM, 12X2M1, при коррозионном поражении которых характерны как общая коррозия, так и коррозионное растрескивание под напряжением.

Наибольшей стойкостью к коррозионному поражению обладают высоколегированные хромоникелевые стали. Однако эти стали во многих случаях проявляют склонность к межкристаллитной коррозии и коррозионному растрескиванию под напряжением, причем ситуации по

учету и прогнозированию реализации этой склонности еще недостаточно изучены, поэтому встречается определенные затруднения, что затрудняют подход к оптимизации применения этих сталей. Соответственно, это должно сказываться и на проведение экспертизы промышленной безопасности оборудования из этих сталей.

Дополнительную сложность придает применение в конструкциях узлов и сочетания материалов разного легирования: двухслойные стали и разнородные сварные соединения, которые отличаются не только различным электрохимическим потенциалом, но и проявлением диффузионного перемещения атомов внедрения на границе сплавления при высокотемпературной эксплуатации.

Кроме того, к усложнению работ по диагностике приводят также такие эксплуатационные изменения в металле, которые проявляются в основном при сверхнормативной эксплуатации: наводороживание, науглероживание, азотирование, изменение тонкой структуры металла, ползучесть и т.д.

Всё отмеченное обуславливает необходимость во многих случаях проводить целые исследования по коррозии и металловедению.

#### **Выводы и предложения.**

1. Определение скорости общей коррозии, хотя и является методически сложным процессом, но не дает полную и тем более, окончательную картину служебных свойств нефтехимического оборудования, а поэтому не может служить окончательным критерием оценки работоспособности.

2. Для оценки эксплуатационной надежности конструкции необходимо инструментальное исследование наружной и внутренней поверхности несущих элементов с её контролем внешним осмотром, цветной дефектоскопией и замером твердости, по результатам которых определяется необходимость и разрабатывается методика дальнейших исследований металла и уточнение условий эксплуатации оборудования.

3. Во многих сложных случаях при составлении программы диагностирования необходимо предусмотреть назначение группы экспертов специальной подготовки для проведения совещания, на котором предметно обсуждаются специфические особенности конкретной работы и варианты возможных технических решений.

#### **Литература:**

1. Воробьева, Г. Я. Коррозионная стойкость материалов в коррозионных средах химических производств. — М.: Химия, 1975.
2. ГОСТ 9.908—85. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.

## Анализ целесообразности использования транспортных телематических систем

Подкаменная Ксения Анатольевна, студент  
Санкт-Петербургский государственный экономический университет

*В статье исследуются методологические основы транспортной телематики, основные принципы транспортной телематической системы*

**Ключевые слова:** телематика, транспортная телематическая система, безопасность дорожного движения, пассажирский транспорт

**Keywords:** telematics, transport telematics system, traffic safety, passenger transport

На сегодняшний день массовая автомобилизация влечет за собой перенасыщение городских магистралей транспортом, в связи с этим задача совершенствования и оптимизации методов и средств оперативного управления перевозочным процессом становится наиболее актуальной. Полное удовлетворение требований к работе автомобильного транспорта обеспечивается созданием современных транспортно-телематических систем. В России данные системы внедряются при поддержке Правительства РФ в рамках Федеральных целевых программ «Повышение безопасности дорожного движения» и «Глобальные навигационные системы». [1]

Россия, хотя и приблизилась по уровню обеспеченности населения легковыми автомобилями к развитым странам, все же пока отстает от них более чем в 2 раза. Если сохранятся существующие тенденции роста парка автомобилей, то через 10 лет интенсивность движения на магистральных дорогах может практически удвоиться [2].

В связи с чем вопрос о целесообразности использования транспортных телематических систем на сегодняшний день как никогда актуален. Проблему использования транспортных телематических систем рассматривали многие авторы. Так, Сысоева С. [6], Мироненко С. [3], Комаров В. [1] в своих статьях были схожи во мнениях, что применение телематических систем обеспечит надлежащий уровень безопасности и экономичности перевозок как в России, так и за рубежом. Кроме того, постоянно растущее количество транспорта и возрастающая интенсивность дорожного движения являются серьезной проблемой — особенно в таких крупных городах, как Москва, Санкт-Петербург и др. Пути ее решения комплексны и многовариантны. Однозначно можно утверждать лишь то, что решение данной проблемы невозможно без коренного совершенствования транспортной инфраструктуры через внедрение телематических систем в государстве в целом и крупных «узловых» в городах и подъездах к ним в частности [7].

В городах и регионах России существуют автоматизированные системы диспетчерского управления пассажир-

ским транспортом на базе спутниковых навигационных технологий, однако это только разрозненные технические решения в области транспортной телематики, которые необходимо интегрировать в единый комплекс для взаимодействия друг с другом. [1]

Вопросы, которые решают транспортные телематические системы:

- взимание платы за проезд транспортных средств по дорогам, на которых установлена такая плата;
- дистанционный контроль и надзор в осуществлении перевозок опасных и ценных грузов;
- контроль времени работы отдыха водителей и пресечение нарушений установленного режима;
- обеспечение безопасности транспортного средства;
- формирование оптимальных маршрутов движения транспортных систем, прогнозирование продолжительности поездки;
- оптимальное управление дорожным движением;
- информирование пользователей ТТС (водителей и пассажиров);
- экстренное реагирование на аварийные ситуации;
- розыск угнанных транспортных средств;
- использование поступающих в ТТС данных о транспортных средствах для решения задач правоохранительных органов. [2]

Анализ показывает, что внедрение таких систем способствует повышению эффективности автотранспортного комплекса в целом, что влечет за собой повышение эффективности экономики. На сегодняшний день актуальными проблемами являются:

- Перенасыщение городских магистралей транспортом, низкая пропускная способность дорог;
- Низкий технический уровень и неудовлетворительное состояние производственной базы транспортной системы, недостаточное развитие дорожной сети;
- Минимальные инновации в структуре паркингов или их отсутствие;
- Несовершенство нормативной и регламентирующей базы;
- Некомпетентность транспортных служб, обеспечивающих безопасность водителей и комфортабельность езды.



Внедрение транспортных телематических систем позволит:

- Обеспечить социальное и экономическое развитие региона, благодаря развитой транспортной инфраструктуре;
- Повысить эффективность и безопасность транспортного процесса;
- Сократить затраты на ликвидацию последствий ДТП и лечение пострадавших;
- Увеличить популярность городского пассажирского транспорта, сделав его более удобным, чтобы скорость перемещения на общественном транспорте была как минимум не меньше, чем на индивидуальном;
- Обеспечить условия для бесперебойного движения общественного транспорта.

Анализ показывает, что на сегодняшний день транспортные телематические системы позволяют решить следующие проблемы:

- Предоставление пользователям общественного транспорта достаточной безопасности не только путем предотвращения дорожно-транспортных происшествий, но и обеспечение личной безопасности во время пользования транспортом. Применяется видеоконтроль, автоматическая регистрация нахождения транспортного средства на маршруте и различные виды связи с городским центром управления.
- Управление работой систем обеспечения приоритетного проезда общественного транспорта на перекрестках, оборудованных светофорами, для обеспечения условий соблюдения заданных графиков движения транспортных средств и для их контроля в системах городского общественного транспорта.
- Реализация проекта ЭРА ГЛОНАСС — системы экстренного реагирования при авариях, по которой можно определить характер ДТП, положение транспорт-

ного средства до и после аварии, скорость и направление удара. Эти данные позволяют предсказать тяжесть ДТП и осуществить немедленное реагирования машин скорой помощи. [6]

Для реализации мер по внедрению транспортных телематических систем необходимо:

1. Организовать взаимодействие между Минтрансом России и регионами по реализации «Модернизации транспортной системы России»;
  2. Создание и развитие системы оперативного взаимодействия, планирования и диспетчерского регулирования в транспортных узлах и *законодательное* обеспечение функционирования такой системы на региональном уровне;
  3. Повышение качества и доступности услуг городского пассажирского транспорта и повышение его способности оперативно реагировать на изменения транспортных потребностей населения;
  4. Регулирование использования автомобилей при решении проблемы ликвидации заторов с помощью средств транспортной телематики;
  5. Создание системы транспортного обслуживания населения «от двери до двери», используя транспортную сеть как единую систему.
- Анализ проведенной работы доказывает целесообразность использования транспортных телематических систем с целью мониторинга транспортных процессов, оптимизации маршрутов, контроля соблюдения графиков движения и обеспечения максимума безопасности. Так как основной задачей является обеспечение безопасности, удобства и экономичности перевозок с наименьшим воздействием в окружающую среду, то проведенная оценка позволяет сделать вывод, что выполнение этих требований возможно только на основе широкого применения на транспорте современных систем телематики. [3]

#### Литература:

1. Комаров, В. В. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. За рубежом и отечественная телематика [Текст] / В. В. Комаров, С. А. Гагаран. — Москва: НТБ «Энергия», 2012. — 352 с.
2. Лазарев, Ю. Г. Современное состояние проблемы совершенствования транспортной инфраструктуры [Текст] / Ю. Г. Лазарев, Е. Б. Сеницына // Техничко-технологические проблемы сервиса. — 2013. — № 4 (26). — с. 71–74.
3. Мироненко, С. В. Опыт работы с телематическими системами за рубежом и перспективы использования на Украине [Текст] / С. В. Мироненко, С. А. Лавренчук // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. — 2013. — № 60. — с. 154–158.
4. Плющ, А. А. Обоснование применения систем телематики в автотранспортном комплексе [Текст] / А. А. Плющ, С. В. Филимонов // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — 2010. — с. 1. — 1т.
5. Пржибыл, П. Телематика на транспорте. Перевод с чешского Бузека О. и Бузковой В. Под редакцией проф. Сильянова В. В. [Текст] / П. Пржибыл, М. Свитек. — Москва: МАДИ (ГТУ), 2003. — 540с.
6. Сысоева, С. Максимум безопасности и надежности беспроводных сервисных услуг [Текст] // Компоненты и технологии. — 2007. — № 9. — с. 29–38.
7. Лазарев, Ю. Г. Основы совершенствования транспортной инфраструктуры [Текст] / Ю. Г. Лазарев, Е. Б. Сеницына // Техничко-технологические проблемы сервиса. — 2013. — № 2 (24). — с. 92–93.

## Пищевая, биологическая ценность новых видов мясорастительных консервов для диетического профилактического питания людей

Прищепа Татьяна Сергеевна, студент;

Кагадий Виктория Васильевна, студент;

Патиева Александра Михайловна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

Мануйлова Татьяна Петровна, студент

Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

*Создание и разработка рецептур технологии и производства мясорастительных консервов диетического профилактического назначения с пищевыми волокнами для питания людей, находящихся в неблагоприятных условиях окружающей среды.*

**Ключевые слова:** диетические функциональные продукты питания; мясорастительные консервы; пектиновые вещества; пищевая ценность.

В соответствии с «Концепцией государственной политики в области здорового питания населения РФ на период до 2020г», определено в качестве стратегической цели формирование в России основ и индустрии здорового питания, в том числе увеличение производства новых обогащенных, диетических и функциональных пищевых продуктов.

Продовольственный рынок должен быть обеспечен достаточным количеством разнообразных конкурентоспособных функциональных продуктов питания, поэтому необходимо разрабатывать и внедрять новые технологии, обеспечивающие получение широкого ассортимента мясорастительных изделий с различными функциональными характеристиками [1, 2].

Предлагаемая работа посвящена созданию нового поколения мясорастительных продуктов с диетическими и функциональными свойствами, обогащенных нутрицевтиками и предназначенных для профилактического питания людей, находящихся в условиях вредного воздействия окружающей среды и профессиональной деятельности.

При наличии вредных воздействий окружающей среды организм испытывает повышенную потребность в эссенциальных нутриентах, позволяющих адаптироваться к неблагоприятным факторам, и прежде всего в белках животного происхождения [3, 4].

Известно, что пищевые волокна, в частности пектин, обладают комплексообразующими свойствами, в связи с этим, целью нашей работы является разработка рецептур технологии и производства мясорастительных консервов диетического профилактического назначения с пищевыми волокнами для питания людей, находящихся в условиях вредного воздействия окружающей среды [5, 6, 7, 8].

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

1. Обоснование и выбор экологически безопасных мясных и растительных компонентов с высокой биоло-

гической ценностью для производства мясорастительных изделий функционального назначения;

2. Изучение их функциональных и технологических свойств;

3. Разработка модели рецептур на новые мясорастительные продукты;

4. Разработка норм и форм введения пектинового вещества в соус для заливки мясорастительных фрикаделек;

5. Выработка опытных образцов мясорастительных изделий;

6. Оценка органолептических показателей опытных образцов мясорастительных консервов.

В соответствии с медико-биологическими требованиями на основании которых были разработаны рецептурные композиции мясорастительных консервов: «Фрикадельки с капустой в томатном соусе» и «Фрикадельки с кабачком в натуральном соку», включающие: свинину, мясо птицы, кабачки, капусту, лук, чеснок, морковь, томатное пюре, крупу манную, «Унипектин ОВ 700», соль, кориандр, черный перец.

Дегустация опытных образцов мясорастительных консервов: органолептические показатели указаны в Таблице 1.

Дегустируемые образцы по органолептическим показателям соответствовали требованиям на данную группу консервов. При разработке рецептур руководствовались наличием мясной сырьевой базы, доступностью и экономической целесообразностью использования биологически-активных обогатителей. По оптимизации рецептур руководствовались разработанными в Институте питания РАМН нормами физиологической потребности облученного организма в пищевых веществах [9, 10, 11].

Пищевая ценность опытных образцов разработанных консервов представлена в Таблице 2

По пищевой ценности выработанные образцы соответствуют медико-биологическим требованиям для продуктов диетического и профилактического питания людей,

Таблица 1. Органолептические показатели

Наименование продукта	Показатели, баллы						Общая оценка баллы
	Внешний вид	Цвет	Запах, аромат	Консистенция	Вкус	Сочность	
Фрикадельки с капустой в томатном соусе	5	5	3	4,8	4,3	4	26,1
Фрикадельки с кабачком в натуральном соку	4,7	5	5	4,3	5	5	28,8

Таблица 2. Пищевая ценность опытных образцов разработанных консервов

Пищевые вещества	Фрикадельки из свинины в томатном соусе	Фрикадельки из мяса цыплят в натуральном соку	Медико-биологические требования
Белок, %	7,99	10,54	7,5–11,0
Жир, %	8,72	7,36	7,0–11,0
Углеводы, %	7,50	7,29	7,0–0,9
Витамин В1, мг/%	0,51	0,50	0,4–0,6
Витамин В2, мг/%	0,45	0,41	0,4–0,65
Витамин С, мг/%	30,70	29,7	25–35

находящихся в условиях вредного воздействия окружающей среды [12, 13].

Механизм реализации проекта заключается в:

- мониторинге окружающей среды;
- изучении соблюдения режима питания людей в условиях загрязнения окружающей среды;
- обогащение суточного рациона питания необходимыми нутриентами;
- доведение информации до людей о ситуации с проблемой загрязнения окружающей среды и неправильного питания;
- разработка рецептов, выработанных опытных образцов;
- востребованность на продуктовом рынке новых функциональных продуктов, гарантирующих здоровое питание, качество и безопасность.

Проведенное литературно-информационное исследование показало что:

- разработка таких продуктов должна базироваться на принципах сбалансированности и адекватности, физиологическим потребностям организма;
- технология продуктов предусматривает процессы их обогащения пищевыми волокнами и др. специфическими ингредиентами, повышающими общую резистентность организма потребителей;
- допустимый уровень обогащения продуктов биологически активными веществами должна проводиться с учетом разработанными в Институте питания РАМН медико-биологическими требованиями;
- по своим медико-биологическим показателям специализированные продукты должны соответствовать требованиям и СанПиН 2.3.2.1078–01.

Литература:

1. Забашта, Н.Н. Производство органического мясного сырья для продуктов питания / Н.Н. Забашта, Е. Головкин, С.В. Патиева. — Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. — 205 с.
2. Тимошенко, Н.В. Развитие сырьевой базы мясной отрасли, прогноз на будущее [Текст] / Н.В. Тимошенко, Д.С. Шхалахов, А.А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2015. — № 5.1. — с. 56–60.
3. Куценко, Л.Ю. Разработка технологии функциональных мясных изделий для людей, предрасположенных или имеющих избыточную массу тела с использованием функционального мясного сырья и конжаковой камеди / Л.Ю. Куценко, Е.П. Лисовицкая, А.М. Патиева, С.В. Патиева // Вестник НГИЭИ. — 2013. — № 6(25). — с. 61–69.
4. Потрясов, Н.В. Изучение свойств готовой продукции функционального направления с использованием консорциумов микроорганизмов [Текст] / Н.В. Потрясов, Е.А. Редькина, А.М. Патиева // Молодой ученый. — 2014. — № 7. — с. 174–177.
5. Аксенова, К.Н. Создание и исследование свойств консорциума микроорганизмов для обработки мясного сырья [Текст] / К.Н. Аксенова, Т.П. Мануйлова, А.М. Патиева // Молодой ученый. — 2014. — № 7. — с. 100–103.

6. Тимошенко, Н. В. Оптимизация рецептур колбасных изделий в условиях реального времени с использованием программного комплекса «Оптимит» [Текст] / Н. В. Тимошенко, А. М. Патиева, Д. К. Нагарокова // Молодой ученый. — 2015. — № 5.1. — с. 46–49.
7. Тимошенко, Н. В. Разработка новых видов мясосодержащих консервов для питания людей в условиях неблагоприятной экологической обстановки [Текст] / Н. В. Тимошенко, А. М. Патиева, Е. П. Лисовицкая // Молодой ученый. — 2014. — № 18. — с. 298–299.
8. Кенийз, Н. В. Оптимизация рецептур колбасных изделий в условиях реального времени / Н. В. Кенийз, А. А. Нестеренко, Д. С. Шхалахов // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 08 (102). с. 1113–1126. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/71.pdf>.
9. Патиева, А. М. Жирнокислотный состав шпика свиней датской породы // А. М. Патиева, С. В. Патиева, В. А. Величко // Вестник НГИЭИ. — 2012. — № 8. — с. 69–82.
10. Приемы оптимизации рецептурных композиций специализированных колбасных изделий для детского питания / Н. В. Тимошенко, С. В. Патиева, А. М. Патиева, К. Н. Аксенова // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 06 (100). с. 988–1004. — IDA [article ID]: 1001406065. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/65.pdf>, 1,062 у.п.л.
11. Белякина, Н. Е. Мясорастительные консервы для питания в условиях неблагоприятной экологической обстановки // Н. Е. Белякина, А. В. Устинова, А. И. Сурнина, Н. С. Мотылина, Н. В. Тимошенко, С. В. Патиева // Мясная индустрия. — 2009. — № 8. — с. 42–45.
12. Устинова, А. В. Рубленые полуфабрикаты для питания при повышенных физических нагрузках / А. В. Устинова, Н. Е. Белякина, И. К. Морозкина, Н. В. Тимошенко, А. М. Патиева // Мясная индустрия. — 2007. — № 4. — с. 22–28.
13. Аксенова, К. Н. Влияние углеводов на технологический процесс производства и качественные показатели сырокопченых колбас [Текст] / К. Н. Аксенова, Т. П. Мануйлова, А. М. Патиева // Молодой ученый. — 2014. — № 7. — с. 98–100.

## Сопоставление основных показателей стабилизированных источников тока

Расулов Абдулхай Нархаджаевич, кандидат технических наук, доцент;  
Каримов Рахматилло Чориевич, магистр технических наук, старший преподаватель  
Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

*В данной статье излагается сравнение стабилизированных источников тока по удельной мощности элементов и по надежности работы устройства. Излагаются расчет вероятности безотказной работы предложенный стабилизаторов тока и таблице сопоставленных вариантов однофазных стабилизированных источников тока.*

## A comparison of the main indicators of stabilized power sources

Rasulov Abdulhai Norhodzhaevich, Ph.D., associate professor  
Karimov Rahmatillo Chorievich, Master of Engineering, Senior Lecturer

*This article describes comparison of stabilized power sources for power density and reliability of the elements of the device. We present calculations of the probability of failure-free operation of the proposed stabilizers and current mapping table choices of single-phase stabilized current sources.*

Большинство отраслей электротехники, электрофизики, электротермии нуждаются в автоматическом поддержании постоянства тока. В связи с этим появляется необходимость применения различных стабилизирующих устройств, поддерживающих в неизменном уровне тока однофазные и трехфазные нагрузки, когда одновременно изменяется сопротивление нагрузки и напряжение питающей сети.

При одинаковом режиме и условии работы стабилизированных источников тока суммарная установленная мощность элементов устройства является основным фактором выбора схемы стабилизатора, так как определяет весо-габаритные и стоимостные показатели устройства. Поэтому всегда выгодно иметь минимальную установленную мощность реактивных элементов к мощность нагрузки.

Для определения области применения оптимальных вариантов стабилизированных источников тока, необходимо их сравнивать по установленным мощностям реактивных элементов и надежности работы устройства.

В качестве сравниваемых вариантов принимаем:

- а)  $T$  — образную схему ИЭП с неуправляемым выпрямителем [1] и вольтодобавочным трансформатором, используемым для компенсации отклонения напряжения сети (рис.1);
- б) последовательный тиристорный регулятор с мостовым выпрямителем, сглаживающим  $L$  фильтром на выходе и компенсирующим конденсатором на входе, (рис.2);
- в) схему однофазного феррорезонансного стабилизатора тока с неуправляемым выпрямителем на выходе, [2], (рис.3).

Для сопоставления вариантов принимаем:

1. Отклонение напряжения питающей сети — в пределах от  $-20\%$  до  $+10\%$ ;
2. Нагрузка является чисто активной и изменяется от 0 до  $R_{крит}$ ;
3. Элементы устройств — линейные дроссели, конденсаторы, полупроводниковые диоды, тиристоры — идеальное;
4.  $\cos\phi$  устройств для всех вариантов одинаковы.

Определим установленные мощности элементов сопоставляемых источников переменного тока.

Анализ работы ИЭП показал, что неизменность тока нагрузки достигается при постоянстве напряжения. В таких устройствах ток нагрузки на выходе изменяется пропорционально входному напряжению. Для компенсации отклонения входного напряжения используется вольтодобавочный трансформатор которое характеризуется проходной мощностью, передаваемой в ИЭП.

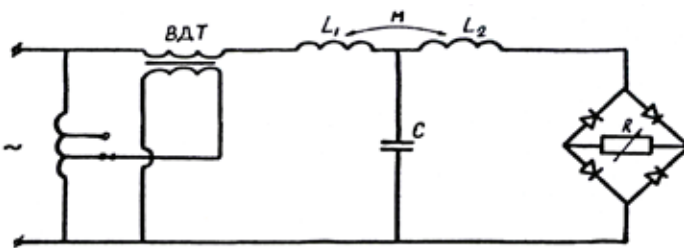


Рис. 1. Т-образная схема ИЭП с неуправляемым выпрямителем и вольтодобавочным трансформатором

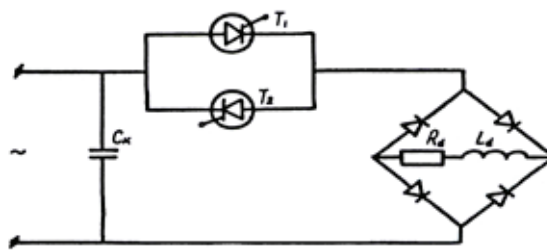


Рис. 2. Последовательный тиристорный регулятор

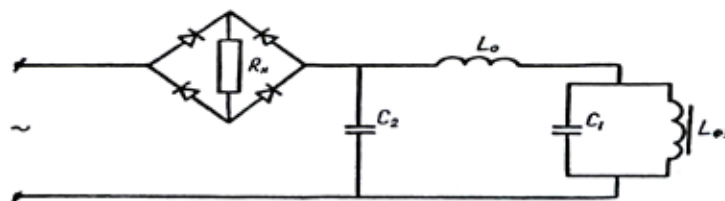


Рис. 3. Базовая схема феррорезонансного стабилизатора тока



Согласно [1] для этой схемы мощность реактивных элементов превышает мощности нагрузки в два раза. При отклонении питающего напряжения в пределах  $+10\% \div -20\%$  собственная мощность ВДТ в зависимости от полной мощности ИЕП

$$S_m = 1,3 \cdot \bar{S} \tag{1}$$

Удельная мощность ИЕП с учетом ВДТ

$$\bar{q}_m = \frac{2 \cdot |S| + 0,3 \cdot |S|}{P_{H.MAX}} \approx 2,3, \tag{2}$$

т. е. установленная мощность ИЕП с учетом ВДТ превышает мощность нагрузки примерно в 2,3 раза.

Тиристоры благодаря компактности, высоким КПД, малой мощности управления нашли широкое применение в качестве регуляторов переменного тока. Однако тиристорные регуляторы искажают форму кривой выходного тока, которые высшие гармоники могут доходить до 40 % от действующего значения тока первой гармоники в зависимости от угла управления тиристорами. При изменении угла управления от  $0^0$  до  $180^0$  коэффициент мощности тиристорных устройств изменится от 1 до 0. Поэтому для увеличения  $\cos\varphi$  и сглаживания пульсации применяются компенсирующие устройства и фильтры высших гармоник.

В схеме (Рис.2) с целью получения необходимого  $\cos\varphi$  используется конденсаторная батарея  $C_k$  на стороне переменного тока, а для уменьшения коэффициента пульсации — сглаживающий линейный дроссель на стороне постоянного тока. Значение установленной мощности конденсаторных батарей равно реактивной мощности потребляемой из сети.

Согласно [3] для такой идеализированной схемы выпрямителя справедливо следующее соотношение:

$$\chi = \frac{P_d}{S} = \nu \cdot \cos\varphi \tag{3}$$

здесь,  $\nu = \frac{I_{I(I)}}{I}$  — коэффициент искажения;  $\chi$  — коэффициент мощности;

$P_d$  — активная мощность и  $S$  — полная мощность;

$I_I$  — действующее значение входного тока;

$I_{I(I)}$  — гармонический составляющий входного тока.

Угол  $\varphi_I$  равен углу регулирования тиристоров  $\alpha$  ( $\alpha = \varphi_I$ ). В соответствии с [3] при большой индуктивности сглаживающего дросселя:

$$\nu = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \tag{4}$$

$$\chi = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot \cos\alpha \tag{5}$$

Полная мощность, потребляемой из сети:

$$S = \sqrt{P_d^2 + Q^2} \tag{6}$$

Из соотношений (5) и (6) определим величину относительной установленной мощности статических конденсаторов:

$$\bar{Q}_{СК} = \frac{Q}{P_{d.max}} = \frac{1}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{\pi^2}{8 \cdot \cos^2 \cdot \alpha_{max}} - 1} \tag{7}$$

где,  $\alpha_{max}$  — максимальное значение угла регулирования;

$\lambda$  — диапазон изменения сопротивления нагрузки.

Согласно [3] коэффициент сглаживания сглаживающего фильтра  $s$  характеризует степень сглаживания фильтра и определяется:

$$s_L = \frac{\beta_1}{\beta_2} \tag{8}$$

где,  $\beta_1; \beta_2$  — коэффициент пульсации на входе и на выходе фильтра.

Индуктивность сглаживающего фильтра определяется в зависимости от коэффициента сглаживания:

$$L_d = \frac{R_d}{\omega_m} \cdot \sqrt{s_L^2 - 1}, \beta_1 = \frac{2}{m^2 - 1} \cdot \sqrt{1 + m^2 \cdot \text{tg}^2 \alpha} \tag{9}$$

где,  $L_d$  — индуктивность сглаживающего дросселя;

$R_d$  — сопротивления нагрузки;

$\omega_m$  — круговая частота основной гармоники на выходе выпрямителя;

$m$  — фазность выпрямителя, ( $m=4$ ).

При малой величине пульсации (Рис.2), ( $\beta \leq 5,7\%$ ) справедливы следующие соотношения:

$$P_d = I_d^2 \cdot R_d; U_{da} = I_d \cdot R_d \quad U_{da} = U_{do} \cdot \cos \alpha \tag{10}$$

где,  $U_{do}$  (при  $\alpha=0$ ) и  $U_{da}$  (при  $\alpha>0$ ) — среднее значения выпрямленного напряжения.

Пологая  $Q_{dT}=P_T$  и  $B_0=B_T$  (при  $B_m \leq B_T$ ) приближенно можно определить типовую мощность сглаживающего дросселя:

$$\bar{Q}_{dT} = \frac{Q_{dT}}{P_{d\max}} = \frac{0,354 \cdot \text{tg} \alpha_{\max}}{\lambda} \tag{11}$$

Для случая  $I_d = \text{const}$ , получим связь между диапазоном изменения сопротивления нагрузки  $\lambda$  и углом регулирования выпрямителя  $\alpha$ :

$$\lambda = \frac{R_d^{\max}}{R_{d\min}} = \frac{\cos \alpha_{\min}}{\cos \alpha_{\max}} \tag{12}$$

Для граничного условия  $\alpha_{\min}=0$  ( $\cos \alpha_{\min}=1$ ) можно переписать отношение (12) в виде:

$$\cos \alpha_{\max} = \frac{1}{\lambda} \tag{13}$$

Тогда с учетом (12) и (13) выражения (7) и (11) приводим к виду:

$$\bar{Q}_{ck} = 1,11 \cdot \sqrt{1 - \frac{0,812}{\lambda}}; \text{м} Q_{Ld} = 0,354 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{\lambda^2}} \tag{14}$$

Принцип работы ФСТ [2] показывает, что эти устройства в определенном диапазоне не критичны к изменению сопротивления нагрузки и отклонению входного напряжения. В этих устройствах установленная мощность реактивных элементов превышает мощность нагрузки в 4÷4,5 раза, когда нагрузки изменится в пределах от 0 до  $R_{\text{крит}}$ . Критерием уменьшения удельной мощности ФСТ является исключение режима без нагрузки.

В таблице приведены сопоставление показателей стабилизированных источников тока.

Таблица 1

Вид стабилизаторов тока	$\lambda$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
<b>ИЕП</b>	$\bar{q}_{\Sigma}$	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
<b>Тиристорный преобразователь</b>	$\bar{q}_{Ld}$	0	0,1476	0,196	0,226	0,248	0,264	0,276	0,287	0,29
	$\bar{q}_{CK}$	0,481	0,636	0,733	0,8	0,85	0,88	0,916	0,941	0,966
	$\bar{q}_{\Sigma}$	0,481	0,784	0,929	1,026	1,098	1,152	1,192	1,228	1,256
<b>ФСТ</b>	$\bar{q}_{\Sigma}$	4,38	4,21	3,9	3,682	3,45	3,211	2,99	2,97	2,82

Надежность стабилизированных источников тока зависит от безопасности работы отдельных элементов которые требуют учет надежности всех элементов устройств.

При длительности времени безотказной работы  $t$  надежность устройства состоящее из  $n$  — элементов,

$$P_{уст} = e^{-\lambda_1 t} \cdot e^{-\lambda_2 t} \cdot \dots \cdot e^{-\lambda_n t} = e^{-t(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)} \tag{15}$$

где,  $\lambda$  — постоянная, называемая интенсивность внезапных отказов;

$t$  — продолжительность времени безотказной работы устройства.

В реальных условиях надежность изменяется со временем неравномерно, так как условия эксплуатации, температура окружающей среды резко влияет на режим работы устройств.

Принимая данные о надежности отдельных элементов устройств при 1000 ч, [4] непрерывной работы определим надежность всего устройства.

Для ИЕП с мостовым неуправляемым выпрямителем интенсивность отказов  $\lambda$  для  $t=1000$  ч.

Таблица 2

	$\lambda$	<b>P</b>
Реле напряжения	0,05	0,944
Автотрансформатор для регулирования ВДТ	0,002	
ВДТ	0,002	
Линейный дроссель	0,002	
Конденсатор	0,001	

Таким образом, надежность ИЕП около 94,4 % в течение 1000 ч эксплуатации.

Интенсивность отказов ФСТ без неуправляемого выпрямителя:

Таблица 3

	$\lambda$	<b>P</b>
Ферромагнитный элемент	0,002	0,944
Линейный дроссель	0,002	
Конденсатор	0,002	
Конденсатор	0,001	

Для тиристорного преобразователя без неуправляемого выпрямителя повреждение каждого блока вызывает отказ всего устройства. Вероятность безотказной работы при  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$  определяется как:

$$P_{уст} = 1 - Q = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^2 = 2 \cdot e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t} \tag{16}$$

Таблица 4

	$\lambda$	<b>P</b>
Тиристор 1	1,0	$P_{уст} = 1 - (1 - e^{-1,0})^2 = 0,6004$
Тиристор 2	1,0	

Надежность тиристорного преобразователя без учета цепи управления ориентировочного в пределе 60,04%.

Из сопоставления вариантов стабилизированных источников постоянного тока по надежности можно заключить, что ФСТ ( $P=99,4\%$ ) и ИЕП с ВДТ ( $P=94,4\%$ ) имеет лучшие показатели по сравнению мостовым тиристорным выпрямителем ( $P=60,04\%$ ).

Сопоставление по удельной мощности (таблица 1) показывает, что мостовой тиристорный выпрямитель имеет преимущество.

Изложенные выводы имеет общий характер и относится к однофазной схеме. Для более детального сопоставления различных вариантов стабилизированных источников тока, необходимо учесть конкретную область применения и условия их эксплуатации.

#### Литература:

1. Миях, А.Н., Волков И.В., Системы неизменного тока на основе индуктивно-емкостных преобразователей, Наукова думка, К, 1974 г, стр. 154.
2. Кадыров, Т.М., Расулов А.Н., Однофазный феррорезонансный стабилизатор тока с синусоидальной формой кривой тока. Автоматика и телемеханика, № 11, 1977 г, стр. 197–200.
3. Полупроводниковые выпрямители. Под редакцией Ф.И. Ковалева и Мостковой. «Энергия», М., 1967 г., стр. 480.
4. Ривник, Г.И., Преобразовательные устройства, «Энергия», М. 1967 г.

## Технологический процесс переработки отходов «масложиркомбината»

Рахимов Бекзод Бахтиёрович, соискатель;  
Абдуллаева Шохиста Шухратовна, преподаватель  
Темиров Файзиддин Фазлиддинович студент;  
Бухарский инженерно-технологический институт, город Бухара

Проект организации производства по битумной эмульсии имеет важное социальное значение в свете организации глубокой переработки отходов масложиркомбинатов республики Узбекистан. Это особенно важно в настоящее время, т.к. с каждым годом расчет количество производственных отходов, и следовательно увеличиваются площади их хранения.

В социально-экономическом аспекте, благоприятным является производство продукции пользующейся большим спросом на малых предприятиях, вместо поставок импортной продукции. Хлопковый битум применяются в асфальто-дорожном строительстве качестве анионных ПАВ для активации минерального порошка, который входит в состав асфальтобетонных смесей, так же используются в качестве анионного эмульгатора в дорожных эмульсиях.

Как известно, что отходы масложиркомбинатов является госсиполовая смола. Характеристика госсиполовых смол различных масложиркомбинатов (МЖК) 0,0436–0,2165 госсиполовой смолы.

При лабораторном исследованиях госсиполовая смола масложиркомбинатов содержит в своем составе 56,0–66,2% жирных кислот.

В составе госсиполовой смолы содержатся линолевая кислота, имеющая две изолированные двойные связи, олеиновая кислота, стеариновая кислота и др.

Жирные кислоты, содержащиеся в госсиполовой смоле, представляют интерес для трибохимии как смазочный материал, обладающий длинными цепями атомов углерода с карбоксильной группой и углеводородным радикалом и, в связи с этим, способных к хемосорбционному взаимодействию с металлами.

Госсиполовая смола обладает свойствами высокоэффективного антиоксиданта, универсального стабилиза-

тора комплексного действия и оказывает пластифицирующее и модифицирующее действия на поверхность трения.

Изучение госсиполовой смолы показывает, что она содержит в своем составе свободные жирные кислоты в виде лактонов, соединения азота и фосфора.

Технологический процесс переработки отходов масложиркомбината подразделяется на 3 этапа:

- 1 этап. Подготовительный процесс
- 2 этап. Механический процесс переработки
- 3 этап. Химический процесс переработки

Первый этап. К подготовительному процессу относятся хранение сырья в полуподземном-полунадземном резервуаре в объеме 180 м<sup>3</sup>. В резервуаре установлена капельница для подогрева сырья до 70°С в объеме 20 м<sup>3</sup>. Капельница состоит из трубы диаметром 300мм, толщиной в 10мм. Вид капельницы U-образной формой с длиной 7000мм. Подогрев капельницы нагревается газовой горелкой. Над резервуаром установлен насос мощностью 20 м<sup>3</sup>/час для подачи сырья из капельницы в котёл.

Второй этап. Механический процесс переработки сырья заключается в следующем: в «Структурной Технологической Схеме», при подогреве сырья с газовой горелкой с температурой 90°С в котле (1) происходит процесс выпаривания, в процессе выпаривания выделяется пары воды и с помощью вытяжного вентилятора (5) подается в паромаслоуловитель (2) который состоит из 8 м<sup>3</sup> емкости с внутренним радиаторами находящиеся в проточной воде для охлаждения водяных паров, стекающих в отстаивающуюся яму, не отстаивающийся ядовитые пары, проходя через фильтр (6) попадают в угарную печь (3) и сжигаются газовой горелкой.

Третий этап. По окончании механического процесса то есть после выпаривания сырья, температуру сырья

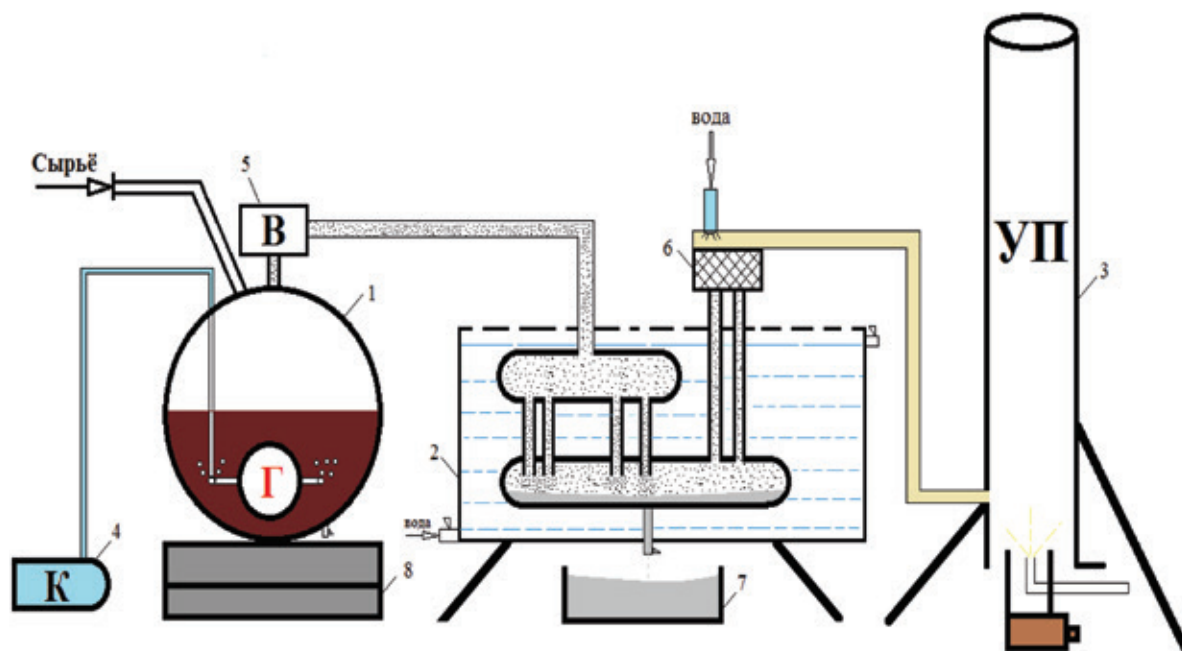


Рис. 1. Структурная Технологическая Схема

1 — котел; 2 — паромаслоуловитель; 3 — угарная печь; 4 — компрессор; 5 — вентилятор; 6 — фильтр; 7 — сливная емкость; 8 — опора (ФЦ блоки)

доводим до 200°C. При достижении температуры сырья 200°C, включаем компрессор (4) для окисления. При окислении сырья из котла с помощью вентилятора (5), выделяются ядовитые газы и паровые масла. Паровые масла и ядовитые газы, проходя через установку паромаслоуловителя (2), отстаивающие масла стекают через радиаторы в сливную емкость, ядовитые газы, проходя через фильтр (6) попадают в угарную печь (3) и сжигаются с газовой горелкой.

Химический процесс переработки и окисления сырья, происходит до тех пор, пока не достигнем желаемой температуры плавления готовый продукции. Температуру плавления готовый продукции можно довести 40°C до 100°C. Полученная готовая продукция используется, как изоляционный материал от зашты коррозии, антикорро-

зийное покрытие фундаментов зданий, подвальных помещений и кровельных покрытий.

Оценка воздействия организации предприятия по производству битума из отходов масложиркомбинатов проведена на базе анализа существующего состояния окружающей среды, анализа технических решений процессов связанных с производством.

Максимальная концентрация загрязняющих веществ не превысит нормируемых значений за границей предприятия.

Анализ характера воздействия показал, что пуск предприятия по изготовлению битума из отходов масложиркомбинатов не будет усиливать негативное воздействие на элементы окружающей среды, и не приведет к негативным последствиям в существующем состоянии окружающей среды за границами предприятия.

#### Литература:

1. Глаголева, О. Ф., Капустин В. М. Технология переработки нефти. Часть 1. Первичная переработка нефти. — М.: Химия, КолосС, 2007. — 400 с.
2. Ахметов, С.А и др. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа
3. Учеб. пособие / — СПб.: Недра, 2006. — 868 с.
4. Гун, Р. Б. Нефтяные битумы М.: Химия, 1973. — 432 с.
5. Вынту, В. Технология нефтехимических производств М.: Химия, 1968. — 352 с.
6. Гуреев, А. А., Чернышева Е. А., Коновалов А. А., Кожевникова Ю. В. Производство нефтяных битумов М.: Изд. Нефть и газ, 2007. — 102 с.



## Роль механических примесей и сульфида железа в устойчивости местных водонефтяных эмульсий

Сатторов Мирвохид Олимович, преподаватель  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В процессе разрушения устойчивых водонефтяных эмульсий основной задачей является удаление бронирующих оболочек с капель эмульгированной воды, которое обуславливает эффективность разделения нефти и воды на отдельные фазы. Для подготовки нефти к промышленной переработке скорость и глубина этой стадии имеет важное значение.

В настоящее время данная задача решается путем подбора эффективного деэмульгатора, оптимального технологического режима и оборудования для обезвоживания и обессоливания нефти [1].

Известно, что роль деэмульгатора заключается в снижении концентрации стабилизаторов на поверхности капель до состояния, при котором коалесценция капель становится возможной. Необходимое и ожидаемое воздействие на бронирующие оболочки капель эмульгированной воды может быть оказано деэмульгатором только в пределах определенных показателей свойств этих оболочек, являющихся характерными для водонефтяной эмульсии. Так, например, родственные по своей природе компоненты (тонкодисперсные глины, сульфид железа и др.) являются типичными стабилизаторами водонефтяных эмульсий [2].

Безусловно, повышение их содержания в последних повышает механическую прочность бронирующих оболочек.

Нами исследованы различные устойчивые водонефтяные эмульсии местных нефтей, на электронном микроскопе с целью определения роли механических примесей, сульфида железа и других на их стойкость.

На рис.1 представлены электронные снимки местных устойчивых водонефтяных эмульсий, содержащих сульфид железа (а) и механические примеси и серу (б).

Такие картины (рис. 1), чаще наблюдается в смешанных местных нефтях, полученных из разных горизонтов, где образуются соединения сульфида железа и др. В результате нагнетания воды с высоким содержанием загрязняющих механических примесей повышается концентрация высокодисперсных глин в добываемых водонефтяных эмульсиях, особенно в высокосернистых продуктах [3].

Следовательно, возникает задача отдельного удаления стабилизаторов водонефтяной эмульсии с учетом их природы и концентрации. Механические примеси с гидрофилизированной поверхностью в процессе гидродинамического воздействия и в присутствии ПАВ хорошо смачивается водой и переходят т.е. отмываются в водную фазу, что подтверждается повышением в ней концентрации механических примесей т.е. стабилизаторов.

Удаление механических примесей (высокодисперсных глин, сульфида железа и др.) из водонефтяной эмульсии позволяет частично снизить прочность бронирующих оболочек и ускоряет процесс коалесценции водяных капель.

Известно, что сульфид железа содержится не только на оболочках капель воды, но и в объеме нефтяной фазы.

Поэтому, такие стабилизаторы эмульсий целесообразно удалять отдельно, на специальных автономных узлах.

Проведенные исследования показали целесообразность разрушения устойчивых водонефтяных эмульсий, стабилизированных механическими примесями, в частности суль-

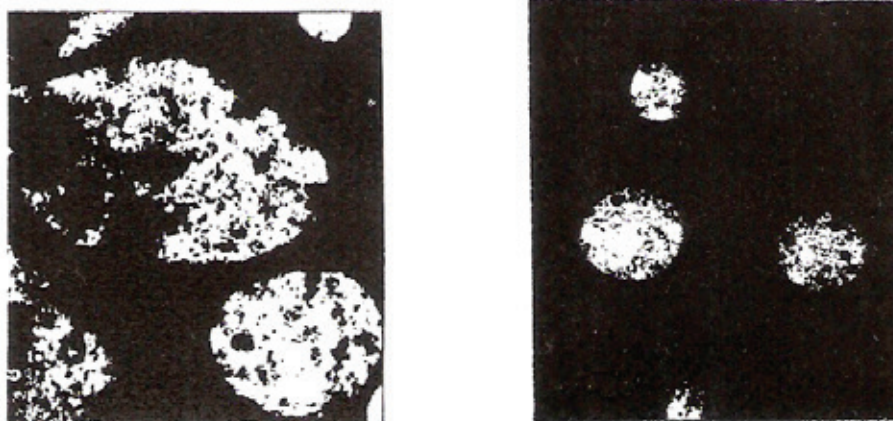


Рис. 1. Местная устойчивая водонефтяная эмульсия, содержащая сульфид железа (а) и механические примеси и серу (б)



Рис. 2. Электронная фотоснимки местных водонефтяных эмульсий до (а) и после (б) добавления к ним гидрофилизирующей добавки и его избытка (в)

фидом железа в несколько стадий. На первой производится обработка эмульсии гидрофильным раствором (водой) с добавлением мощных реагентов, на второй осуществляется коалесценция водяных капель за счет добавления деэмульгатора высокой степени гидрофобности.

За последние годы с целью увеличения нефтеотдачи в отдельные скважины т.е. в пласты стали вводить различные химические реагенты, которые также загрязняют и влияют на устойчивость получаемых водонефтяных эмульсий.

Оценить изменение деэмульсационных свойств таких водонефтяных эмульсий сложно, а часто невозможно. В таких эмульсиях выявляются значительные концентрации ПАВ с высоким гидрофильно-липофильным балансом (ГЛБ), которые являются эффективными эмульгаторами.

Сегодня, использование больших количеств гидрофобных деэмульгаторов диктуется ускорением разрушения устойчивых местных водонефтяных эмульсий.

Известно, что применение высоких концентраций деэмульгаторов может образовать устойчивые ассоциированные комплексы т.е. структурированные эмульсии.

На рис.2 показаны фотоснимки местных водонефтяных эмульсий до (а) и после (б) добавления к ним гидрофилизирующей добавки.

Как видно, в резервуарах УПН могут быть водонефтяные эмульсии особого типа, где стабилизаторами являются не механические примеси и высокомолекулярные компоненты, а реагенты, используемые при добыче и подготовке нефти.

Причем, как видно из рис. 2в избыточное применение гидрофилизирующих добавок также способствует образованию структурированной эмульсии.

Для разрушения последней рекомендуют вводить гидрофилизирующих веществ на основе гидрофильных ПАВ, что наглядно видно из рис. 2б.

И напротив, введение избыточного количества гидрофилизирующей добавки, приводит к образованию прямой эмульсии (рис.2в), не поддающейся легкому разделению.

Следовательно, исследованные местные устойчивые водонефтяные эмульсии можем классифицировать на — эмульсии стабилизированные сульфидоасфальтеносмолопарафиновыми соединениями; — эмульсии стабилизированные ассоциированными сложными комплексами.

В условиях применения химических реагентов (особенно ПАВ) в нефтедобыче повышается устойчивость получаемых водонефтяных эмульсий. Поэтому, при обезвоживании и обессоливании таких эмульсий на УПН необходимо учитывать условия их добычи, Причем применение деэмульгаторов с высокой степенью гидрофобности может образовать устойчивых ассоциатов в местных водонефтяных эмульсиях.

Таким образом, исследуя местные устойчивые водонефтяные эмульсии можем сказать, что механические примеси и сульфид железа выступают в качестве стабилизаторов бронирующих оболочек капель, что отрицательно сказывается на их разрушении. При этом, за счет введения избытка гидрофилизирующих веществ при добыче и подготовке местных нефтей образуются устойчивые структурированные водонефтяные эмульсии, содержащие ассоциированные сложные комплексы.

#### Литература:

1. Атауллаев, Ф.Ш., Абдурахимов С.А. Интенсификация процесса разделения высокостойких водонефтяных эмульсий местных нефтей // Узб. Хим.журнал, 2005, № 3, с. 14–17
2. Абдурахимов, С.А., Атауллаев Ф.Ш., Салимов З.С. Использование местных деэмульгаторов в процессе разделения стойких водонефтяных эмульсий.// Узб. журнал нефти и газа, 2006, № 3, с.32–33.
3. Тонов, В.П., Грайфер В.И. Обезвоживание и обессоливание нефти. Казань, 1974—184 с.

## Термохимическое обезвоживание устойчивых водонефтяных эмульсий местных нефтей

Сатторов Мирвохид Олимович, преподаватель  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Известно, что нефти, добываемые из месторождений Джаркурган, Джаркак и Шурчи, часто образуют устойчивые водонефтяные эмульсии, трудно поддающиеся разрушению [1,2].

Сегодня, для решения такой сложной проблемы ведется поиск эффективных деэмульгаторов, преимущественно получаемых из местного сырья.

По сведению [3] применение термического отстаивания устойчивых водонефтяных эмульсий не дало желаемого результата, что нацелило нас на применение термохимического способа их обезвоживания.

При этом в качестве контрольного деэмульгатора нами использован К-1 (производства КНР), а предлагаемого — сульфированный хлопковый мылосток (СХС).

Температура процесса обезвоживания водонефтяных эмульсий поддерживалась при 75°C.

Результаты исследования в виде соответствующих кривых представлены на рис. 1,2 и 3.

Из рис. 1 видно, что предлагаемый деэмульгатор СХС позволяет достичь ту плотность нефти, которая достига-

ется с использованием импортного деэмульгатора К-1 (производства КНР) при термохимическом обезвоживании нефти месторождения Джаркурган.

При этом, значительное снижения плотности нефти на предлагаемом деэмульгаторе достигается при его введения в эмульсию до 2%. Из рис. 2 и 3 видно, что такая же картина и наблюдается при термическом обезвоживании менее плотных нефтей месторождений Джаркак и Шурчи, соответственно. Здесь, интенсивное снижение плотности нефти достигается при введении предлагаемого деэмульгатора до 1–1,5% от веса эмульсии.

Как видно независимо от различия начальных плотностей исследуемых нефтей предлагаемый деэмульгатор СХС проявляет достаточно высокую активность, что позволяет рекомендовать его для опытно-производственных испытаний.

Если учесть, что СХС получают из местного сырья — хлопкового мылостока, то станет ясна экономическая эффективность применения предлагаемого деэмульгатора. Таким образом, можем сказать, что для разрушения

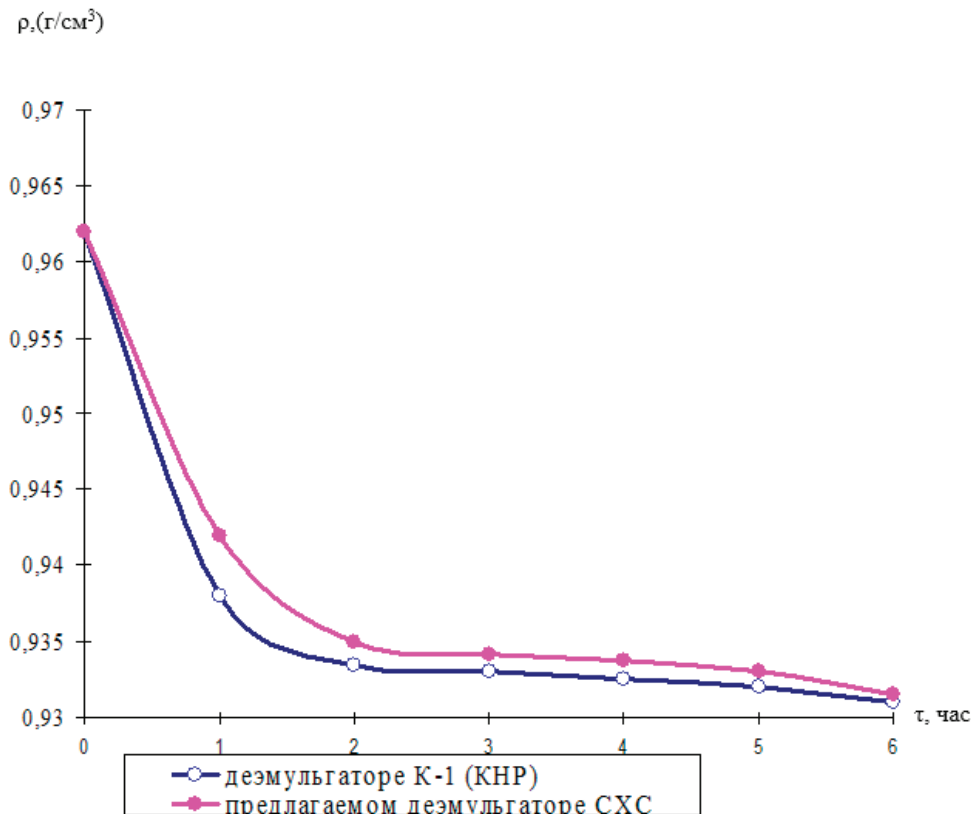


Рис. 1. Изменения плотности нефти месторождения Джаркурган при термохимическом обезвоживании на: 1 — деэмульгаторе К-1 (КНР) и 2 — предлагаемом деэмульгаторе СХС

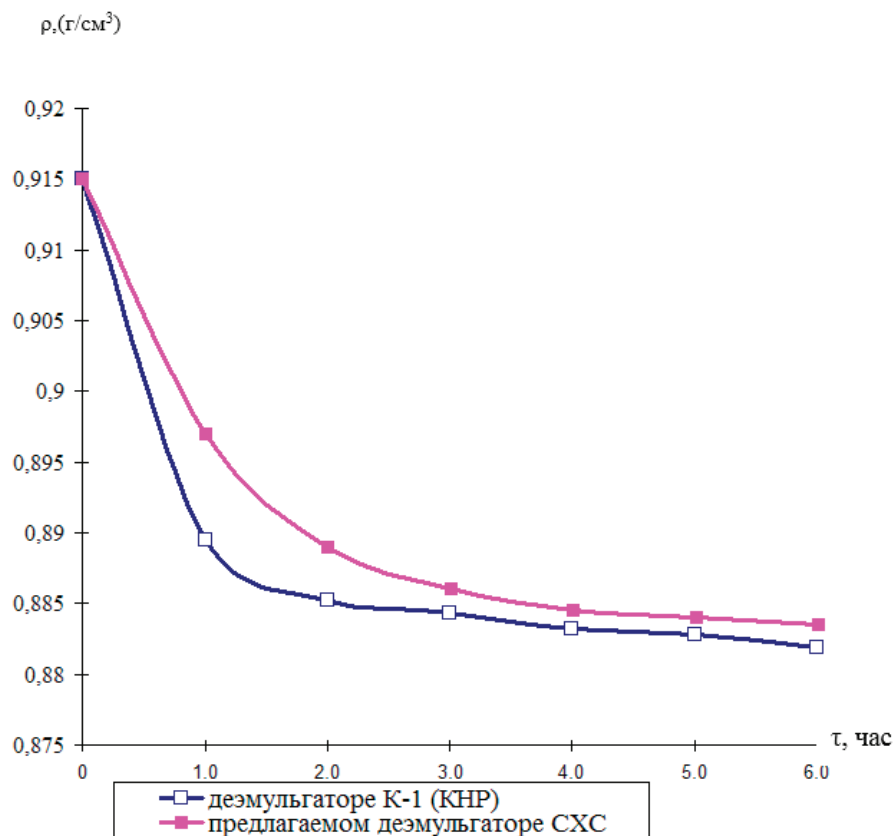


Рис 2. Изменения плотности нефти месторождения Джаржак при термохимическом обезвоживании на: 1 — деэмульгаторе К-1 (КНР) и 2 — предлагаемом деэмульгаторе СХС

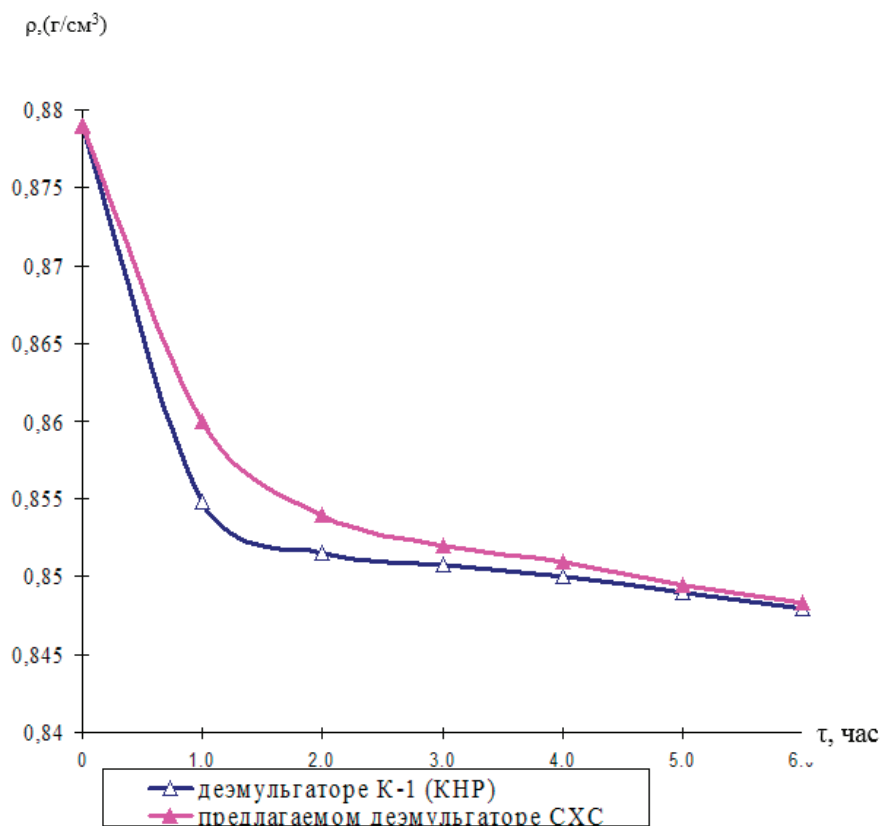


Рис. 3. Изменения плотности нефти месторождения Шурчи при термохимическом обезвоживании на: 1 — деэмульгаторе К-1 (КНР) и 2 — предлагаемом деэмульгаторе СХС

устойчивых водонефтяных эмульсий целесообразно использовать предлагаемый деэмульгатор СХС, который

получают сульфированием хлопкового соапстока — отхода масло-жировой промышленности.

Литература:

1. Шафиев, Р. У., Азизов Х. Х. Особенности разрушения водонефтяных эмульсий гидродинамическими методами. Сб.тр. УзНИПИнефтегаз-1994, 4П., с. 66–70.
2. Атауллаев, Ф. Ш. Интенсификация процесса разделения стойких водонефтяных эмульсий месторождений Джаркак и Шурчи. // Узб. ким. журнал, 2006, № 1, с. 58–61.
3. Атауллаев, Ф. Ш. Комбинированный способ интенсификации процесса разрушения устойчивых водонефтяных эмульсий местных нефтей. Автореферат. дисс. канд. техн. наук. Ташкент, 2007—25с.

## Основные направления конструктивно-технологического совершенствования пресс-валковых агрегатов с плоской матрицей для экструдирования волокнистых материалов

Севостьянов Максим Владимирович, кандидат технических наук, доцент;

Осокин Антон Владиславович, аспирант;

Гиенко Евгений Андреевич, аспирант;

Лагутин Иван Иванович, аспирант

Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова

**Ключевые слова:** пресс-валковый агрегат, гранулятор, плоская матрица, совершенствование грануляционного оборудования.

Пресс-валковые агрегаты с плоской матрицей за период своего существования претерпели ряд конструктивно-технологических изменений и на сегодняшний момент достигли определённого уровня совершенства. Тем не менее, не смотря на значительное усовершенствование конструкции, они сохранили ряд недостатков, к которым в первую очередь относятся: большой износ поверхностей рабочих органов, высокие рабочие температуры вследствие сильного трения, низкий коэффициент полезного действия, высокая удельная металло- и энергоёмкость.

Указанные недостатки определяют основные направления совершенствования машин данного типа:

- повышение надёжности и эффективности работы агрегатов;
- повышение производительности и качества гранул;
- уменьшение металлоёмкости конструкции;
- снижение износа рабочих органов;
- снижение энергозатрат на гранулирование;
- расширение технологических возможностей и оптимизация режимов работы при гранулировании материалов с различными физико-механическими свойствами.

Анализ источников [1...18] позволил выделить следующие пути совершенствования пресс-валковых агрегатов с плоской матрицей:

- Совершенствование отдельных узлов и деталей машины;

- Совершенствование конструкции машины в целом.

К первой группе относятся предложения по модернизации конструкции прессующих валков [5, 8, 12], или пресс-матрицы [7, 14, 15] — как основных рабочих элементов машины. А так же дополнительные элементы конструкции, например, узел крепления валков к приводному валу гранулятора [9], опорный узел приводного вала [6], нож для среза гранул [13] и др.

Второй путь подразумевает такое изменение конструкции машины, при котором происходит совмещение либо нескольких стадий одного процесса, либо совмещения нескольких процессов в одном агрегате.

Совмещение нескольких стадий (ступеней) процесса гранулирования реализовано, например, в изобретении Мамонова О. В., Пашенко В. Н. и Олонцева И. Ф. [2].

В их устройстве для гранулирования (рис. 1) материал последовательно проходит через две горизонтально расположенные решётки. Причём диаметр отверстий верхней решётки в 1,5÷2 раза больше диаметра отверстий нижней решётки. Благодаря такой конструкции, продавленная через верхнюю решётку масса в виде жутов имеет уже более благоприятные реологические свойства, и распределено питает нижележащую формующую решётку.

Предлагаемое решение обеспечивает предварительное размягчение материала при продавливании его валками через верхнюю решётку, позволяя, тем самым, гранулировать менее увлажнённые материалы. За счёт



повышения текучести материалов и изменения реологических свойств увеличивается производительность агрегата.

Однако, не смотря на данное преимущество предлагаемого решения у него есть существенные недостатки, среди которых можно выделить: сложность конструкции и её низкую ремонтпригодность. Отбор мощности от одного вала требует более мощного приводного двигателя, что увеличивает энергозатраты.

Venson V. из Германии разработал конструкцию двухступенчатого гранулятора (рис. 2), схожую с описанной выше [17]. В данной конструкции верхние цилиндрические пресс-валки дополнительно выполняют функцию доизмельчения подаваемого материала. Толщина нижней пресс-матрицы больше толщины верхней. Количество цилиндрических валков в устройстве — два; конических — от двух до четырёх.

Данное решение позволяет сократить затраты на производство, сэкономить рабочее пространство и трудозатраты. На выходе получают более качественный продукт.

Как и изобретение Мамонова О.В., Пашенко В.Н. и Олонцева И.Ф. данное решение имеет сложную конструкцию и низкую ремонтпригодность. Приводной двигатель так же должен быть повышенной мощности. Кроме того для второй ступени необходимо использовать более сложные в изготовлении конические пресс-валки.

Для устранения недостатков указанных решений Подгорновой Н.М. и Ким В.Л. разработали более простую конструкцию агрегата [11], за счёт использования одной пресс-матрицы.

Их гранулятор (рис. 3) содержит матрицу в виде плоского вертикального диска с двумя прессующими роликами — предварительного и окончательного гранулирования. В данной конструкции материал также последовательно проходит стадию предварительного уплотнения и, затем, окончательного гранулирования.

Использование двухступенчатого гранулирования позволяет повысить качество готового продукта, снизить крошимость гранул и увеличить их плотность. Осуществление окончательного прессования неохлаждённых и обезвоженных гранул позволяет углубить биохимические и структурные преобразования в гранулируемом продукте.

Не смотря на увеличение качества продукта, данная конструкция имеет меньшую производительность из-за использования только одного валка на каждой ступени гранулирования. К тому же материал дважды проходит через фильеры одного диаметра, что для некоторых материалов может оказаться недостаточно эффективным.

Дальнейшим развитием данной конструкции служит агрегат, описанный в авторском свидетельстве № 1768271 [12].

Данная конструкция гранулятора (рис. 4) содержит плоскую матрицу с разделёнными рабочими зонами: коль-

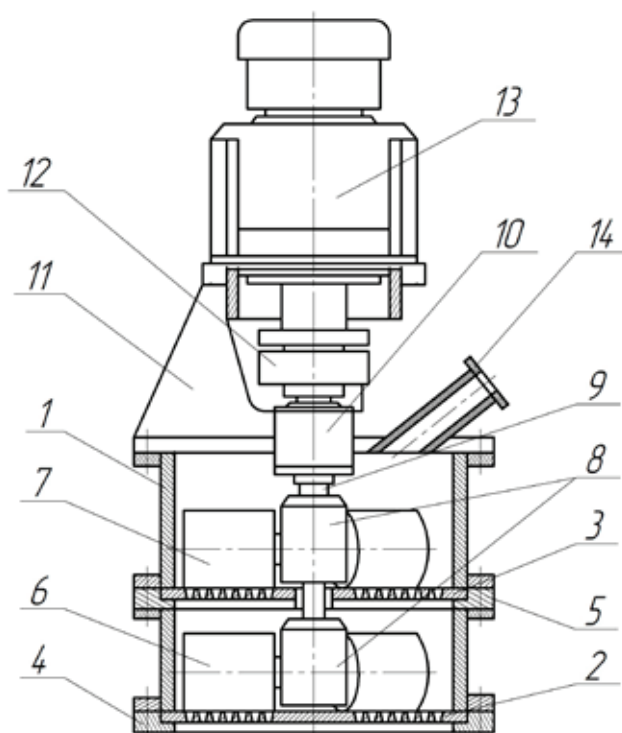


Рис. 1. Устройство для гранулирования пастообразных материалов: 1 — корпус, 2 — плоская горизонтальная формирующая решётка, 3 — дополнительная распределительная решётка, 4, 5 — колосниковые опорные решётки, 6 — валки, 7 — дополнительные валки, 8 — втулки, 9 — вал, 10 — подшипниковый узел, 11 — опоры, 12 — муфта, 13 — вал редуктора, 14 — загрузочное устройство

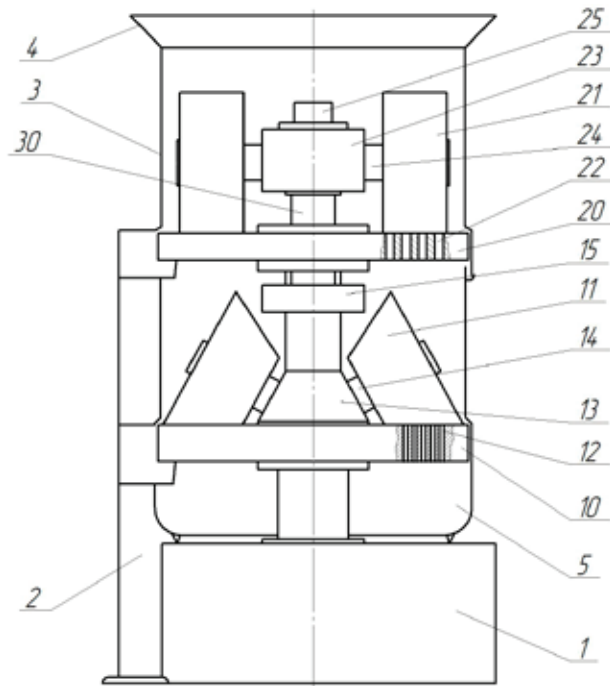


Рис. 2. Двухступенчатый гранулятор: 1 — редуктор, 2 — опорные колонны, 3 — защитный кожух, 4 — загрузочная воронка, 5 — камера для приёма готовых гранул, 10 — пресс-матрица второй ступени, 11 — конические валки второй стадии, 12 — фильеры пресс-матрицы второй ступени, 13 — головка цилиндрических пресс-валков, 14 — ось конического пресс-валка, 15 — прижимное устройство конических пресс-валков, 20 — пресс-матрица первой ступени, 21 — цилиндрические пресс-валки первой стадии, 22 — фильеры пресс-матрицы первой ступени, 23 — головка конических пресс-валков, 24 — ось цилиндрического пресс-валка, 25 — прижимное устройство цилиндрических пресс-валков, 30 — приводной вал

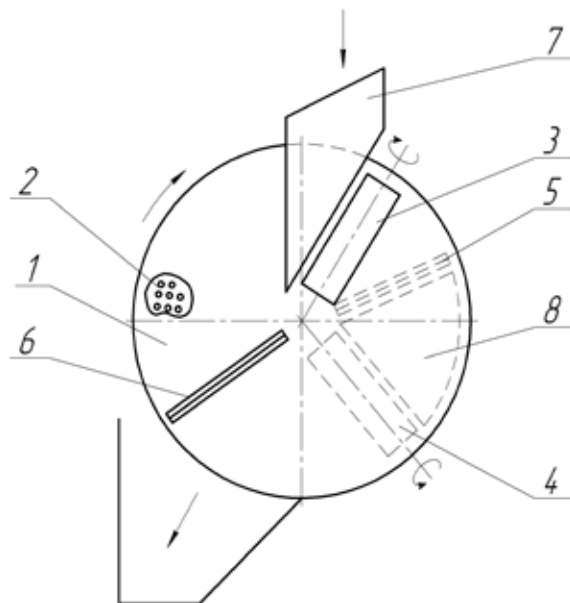


Рис. 3. Гранулятор: 1 — матрица, 2 — фильеры, 3, 4 — прессующие ролики для предварительного и окончательного гранулирования, 5, 6 — ножи для отрезки гранул, 7 — направляющий лоток исходного сырья, 8 — направляющий лоток предварительно сформованных гранул

цевую и дисковую. Кольцевая зона имеет фильеры большего диаметра, по сравнению с дисковой зоной. Кольцевой борт, разделяющий матрицу на зоны препятствует пересыпанию исходного продукта мимо прессующего ро-

лика предварительного гранулирования и попаданию в конечный гранулированный продукт.

Незначительное усложнение конструкции агрегата (разделение пресс-матрицы на кольцевую и круговую

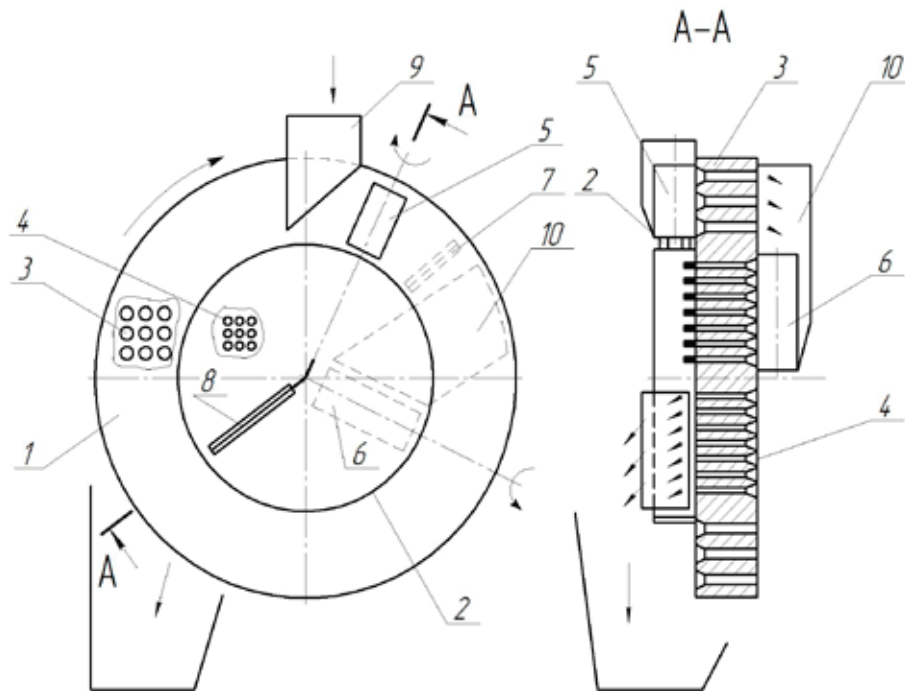


Рис. 4. Гранулятор: 1 — вертикальный диск, 2 — кольцевой борт, 3 — кольцевая часть диска, 4 — круговая часть диска, 5 — ролик предварительного гранулирования, 6 — ролик окончательного гранулирования, 7 — нож для отрезки предварительно сформованных гранул, 8 — нож для отрезки готовых гранул, 9 — направляющий лоток для исходного сырья, 10 — направляющий лоток для предварительно сформованных гранул

зоны; различный диаметр фильер в соответствующих зонах) позволило увеличить плотность и снизить крошительность получаемых гранул.

При совмещении нескольких процессов в одном агрегате, экструзионное гранулирование может быть основной или подготовительной операцией.

В первом случае процесс гранулирования является конечным, который предваряет подготовительная операция. Например, как это осуществлено в изобретении № 2207247, разработанном в БГТУ им. В. Г. Шухова [3].

Пресс-валковый экструдер (рис. 5) содержит два основных узла — шнековый пресс, для предварительного

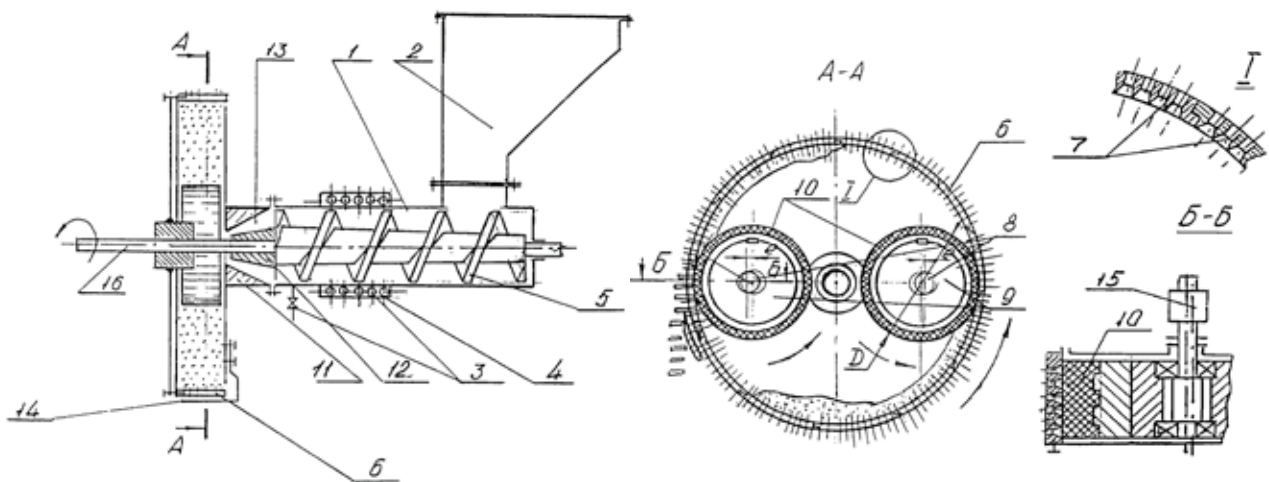


Рис. 5. Пресс-валковый экструдер: 1 — корпус, 2 — загрузочный бункер, 3 — устройство подогрева, 4 — наборные изолирующие элементы, 5 — шнек, 6 — матрица, 7 — съёмные дугообразные элементы, 8 — неподвижные эксцентриковые оси, 9 — прессующие валки, 10 — упругая рабочая поверхность валков, 11, 12 — конусообразные втулки, 13 — сужающийся канал, 14 — нож для среза гранул, 15 — высокочастотный вибратор

уплотнения материала, и гранулирующий орган с цилиндрической матрицей.

Подготовленный к формированию порошкообразный материал через загрузочный бункер подает во внутрь корпуса на вращающийся шнек. В этой части аппарата материал перемешивается, нагревается (для улучшения пластических свойств) и транспортируется в сторону сужающегося канала. После, подготовленный таким образом, материал попадает на матрицу и при помощи пресс-валков продавливается через фильеры.

Предлагаемое решение обеспечивает повышение плотности гранул с улучшением их качества, снижение габаритных размеров устройства, в том числе упрощение

изготовления матрицы, состоящей из съемных элементов, и улучшение условий эксплуатации агрегата за счет увеличения межремонтного периода, а также возможности эксплуатации агрегата в любое время года за счет подогрева материала в зимний период.

Основным недостатком данного изобретения является его узкое функциональное применение — гранулирование порошкообразных и вязко-пластичных материалов. При переработке материалов с малой насыпной массой и волокнистой структурой происходит его «запрессовка» в шнековой части агрегата.

В установке для получения гранул, разработанной в Ивановском государственном химико-технологическом

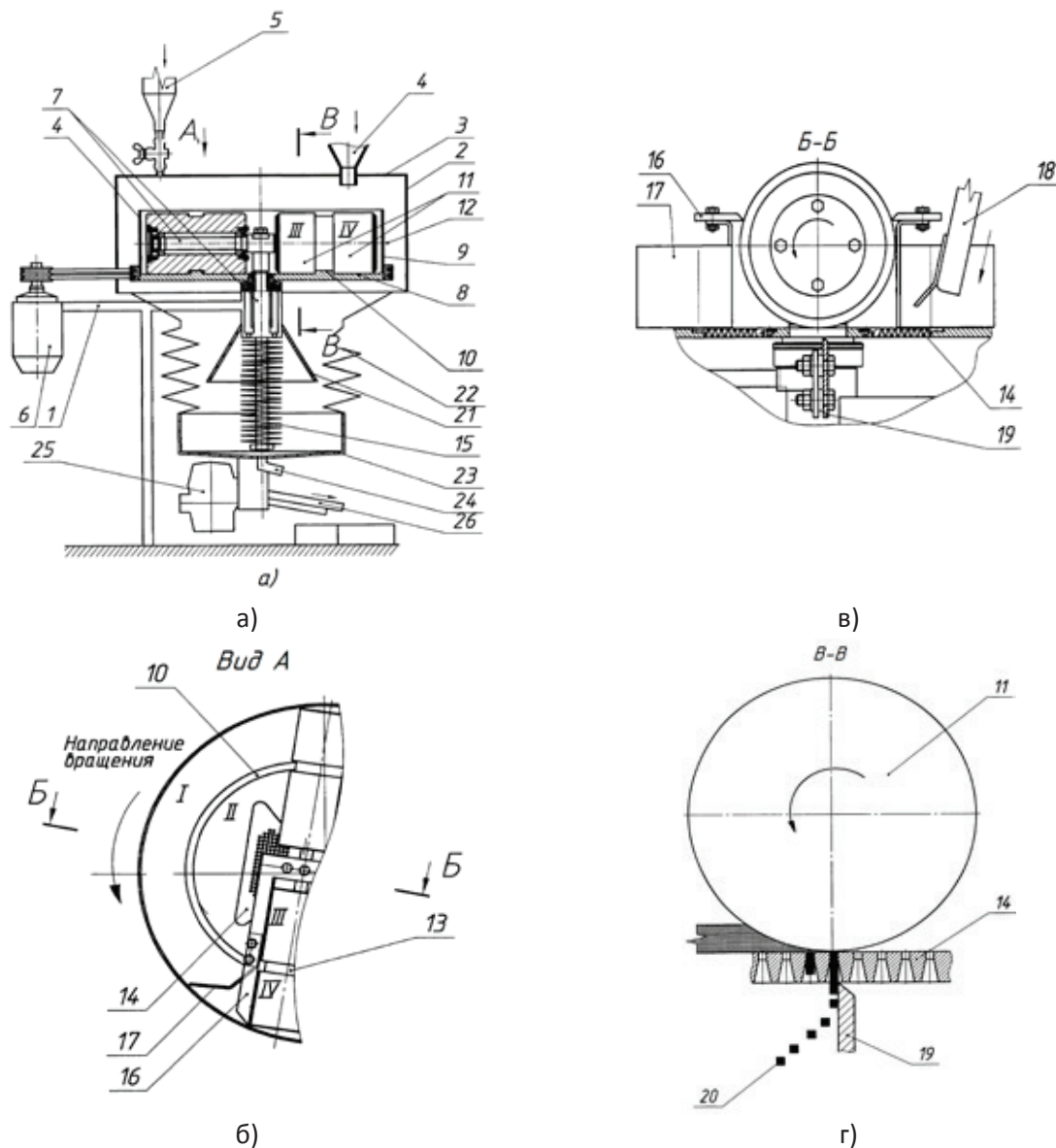


Рис. 6. Установка для получения гранул: 1 — рама, 2 — корпус, 3 — откидывающаяся крышка, 4 — загрузочная воронка, 5 — капельница, 6 — электродвигатель, 7 — Т-образная ось, 8 — вращающаяся тарелка, 9 — борт тарелки, 10 — кольцо, 11 — прессующие катки, 12 — ось Т-образной оси, 13 — канавка, 14 — фильеры, 15 — тарированная пружина, 16 — ножи, 17 — направляющие, 18 — нож, 19 — ножи, 20 — гранулы, 21 — конус, 22 — демпфирующие элементы, 23 — вибробункер, 24 — разгрузочный патрубок, 25 — вибратор, 26 — разделительные сита

университете [1, 4], гранулирование шихты на плоской матрице является подготовительной операцией, предваряющей основной процесс — виброгранулирование. Причём в установке, помимо этого, реализованы процессы смешения, уплотнения, виброокатывания и рассева полученных гранул.

Плоская матрица установки для получения гранул (рис. 6) разделена на две зоны: кольцевую *I* и дисковую *II*. Зона *I* не содержит фильер и здесь, при работе установки, происходит доизмельчение (подобно работе бегунов) и смешение материала со связующим компонентом. Дисковая зона *II* предназначена непосредственно для гранулирования подготовленной шихты, для чего в ней имеются фильеры обратной конусности (цилиндрическо-конической формы с расширяющимся вниз конусом). После продавливания материала через фильеры цилиндрические гранулы попадают на виброгранулирование, где окатываются для придания им шарообразной формы.

К числу недостатков данной машины следует отнести отсутствие возможности гранулирования материалов с малой насыпной плотностью (например, измельчённых

целлюлозно-бумажных отходов, отходов перлитового, вермикулитового, сельскохозяйственного производств), а также сложность конструкции.

Таким образом, общим недостатком всех рассмотренных решений является то, что пресс-валковые агрегаты данной конструкции рассчитаны, в первую очередь, на сыпучие материалы со средней и высокой насыпной плотностью (более 250 кг/м<sup>3</sup>). Процесс гранулирования материалов, имеющих волокнистую структуру и малую насыпную плотность (20 ÷ 250 кг/м<sup>3</sup>), в частности, измельчённая макулатура и целлюлозно-бумажные отходы, на машинах данного типа является малоисследованным и требует всестороннего изучения. А пресс-валковые агрегаты, для осуществления данного процесса, нуждаются в дальнейшем конструктивно-технологическом совершенствовании. При этом необходимо учитывать специфические особенности волокнистых материалов, такие как: малая сыпучесть и насыпная плотность, высокие влагопоглощение и коэффициент внутреннего трения, повышенная склонность к слеживаемости, неравномерное распределение материала по рабочей камере машины и др.

#### Литература:

1. Ветюгов, А. В. Совершенствование процесса гранулирования тонкодисперсных керамических порошков [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук / А. В. Ветюгов. — Иваново: Изд-во ФГБОУ ВПО «ИГХТУ», 2013 — 16 с., с ил.;
2. Устройство для гранулирования пастообразных материалов [Текст]: а.с. 939056 СССР: МПК В 01 J 2/20 / Мамонов О. В., Пашенко В. Н., Олонцев И. Ф.; заявитель и патентообладатель Пермский политехнический институт. — № 2743927/23—26; заявл. 22.02.1979; опубл. 30.06.1982, Бюл. № 24. — 3 с.;
3. Пресс-валковый экструдер [Текст]: пат. 2207247 Рос. Федерация: МПК В 29 В 9/06 / Гридчин А. М., Севостьянов В. С., Лесовик В. С., Севостьянов М. В., Минко В. А., Чашин Г. П.; заявитель и патентообладатель Белгородская государственная технологическая академия строительных материалов. — № 2002121657/12; заявл. 06.08.2002; опубл. 27.06.2003. — 6 с.;
4. Установка для получения гранул [Текст]: пат. 2449830 Рос. Федерация: МПК В 01 J 2/20 / Богородский А. В., Ветюгов А. В., Безлепкин В. А., Романов В. П.; заявитель и патентообладатель ОАО «Поликор». — № 2010142578/05; заявл. 18.10.2010; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 13. — 8 с.;
5. Гранулятор волокнистых материалов [Текст]: пат. 135539 Рос. Федерация: МПК В 01 J 2/20 / Севостьянов М. В., Ильина Т. Н., Осокин А. В., Севостьянов В. С., Сабитов Р. А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО БГТУ им. В. Г. Шухова. — № 2013130468/05; заявл. 02.07.2013; опубл. 20.12.2013, Бюл. № 35. — 2 с.;
6. Устройство для гранулирования пастообразных материалов [Текст]: а.с. 975050 СССР: МПК В 01 J 2/20 / Вехтер Б. Д., Пашенко В. Н., Бабушкин В. А.; заявитель и патентообладатель Пермский политехнический институт. — № 3230807/23—26; заявл. 04.01.1981; опубл. 23.11.1982, Бюл. № 43—4 с.;
7. Устройство для гранулирования пластифицированных материалов [Текст]: а.с. 1018701 СССР: МПК В 01 J 2/20 / Пашенко В. Н., Мамонов О. В., Бабушкин В. А., Нечаев В. Н.; заявитель и патентообладатель Пермский политехнический институт. — № 3268883/23—26; заявл. 02.04.1981; опубл. 23.05.1983, Бюл. № 19. — 3 с.;
8. Матрица пресс-гранулятора [Текст]: а.с. 1033058 СССР: МПК А 01 F 15/00 / Подколотин Ю. В., Гельман М. И., Рузгас С. — Н. Э.; заявитель и патентообладатель Головной экспериментально-конструкторский институт по машинам для переработки травы и соломы. — № 3360309/30—15; заявл. 27.11.1981; опубл. 07.08.1983, Бюл. № 29. — 3 с.;
9. Бюл. № 29. — 3 с.;
10. Гранулятор [Текст]: а.с. 579002 СССР: МПК В 01 J 2/00 / Пиуновский И. И., Лысоконь В. П., Хмелинко А. П., Федюкович Г. П.; заявитель и патентообладатель Центральный НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства Нечерноземной зоны СССР. — № 1908736/30—15; заявл. 16.04.1973; опубл. 05.11.1977, Бюл. № 41. — 2 с.;
11. Пресс-гранулятор [Текст]: а.с. 426873 СССР: МПК В 30 В 3/02 / Рузгас С. Е.; заявитель и патентообладатель Головное специализированное конструкторское бюро для приготовления витаминизированных кормов. — № 1837937/30—15; заявл. 16.10.1972; опубл. 05.05.1974, Бюл. № 17. — 2 с.;



12. Гранулятор [Текст]: а.с. 1489823 СССР: МПК В 01 J 2/20 / Подгорнова Н.М., Ким В.Л.; заявитель и патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт комбикормовой промышленности. — № 4222506/23–26; заявл. 06.04.1987; опубл. 30.06.1989, Бюл. № 24. — 2 с.;
13. Гранулятор [Текст]: а.с. 1768271 СССР: МПК В 01 J 2/20 / Подгорнова Н.М.; заявитель и патентообладатель Всесоюзное научно-производственное объединение «Комбикорм». — № 4754153/26; заявл. 05.10.1989; опубл. 15.10.1992, Бюл. № 38. — 3 с.;
14. Гранулятор [Текст]: а.с. 670323 СССР: МПК В 01 J 2/20, В 30 В 11/00 / Захарчук В.Е., Зубарев П.Д., Иванов А.Ф., Шапиро Л.А.; заявитель и патентообладатель Донецкий филиал Всесоюзного института по проектированию организации энергетического строительства «Оргэнергострой». — № 2400210/23–26; заявл. 23.08.1976; опубл. 30.06.1979, Бюл. № 24. — 4 с.;
15. Гранулятор [Текст]: а.с. 1047503 СССР: МПК В 01 J 2/20 / Мурахвер В.И., Тимошенко А.Н.; заявитель и патентообладатель Дзержинский филиал Всесоюзного научно-исследовательского и конструкторского института химического машиностроения. — № 3354892/23–26; заявл. 20.07.1981; опубл. 15.10.1983, Бюл. № 38. — 6 с.;
16. Гранулятор [Текст]: пат. 2168352 Рос. Федерации: МПК В 01 J 2/20 / Сербиновский М.Ю., Волощук В.Г., Логинов В.Т., Дукмасова Т.А., Рождова О.С.; заявитель и патентообладатель Государственное унитарное предприятие Особое конструкторско-технологическое бюро «Орион». — № 99127590/12; заявл. 23.12.1999; опубл. 10.06.2001, Бюл. № 10. — 5 с.;
17. Гранулятор [Текст]: пат. 2194568 Рос. Федерации: МПК В 01 J 2/20 / Сербиновский М.Ю., Волощук В.Г., Логинов В.Т., Шкураков В.Л., Шкураков Л.В.; заявитель и патентообладатель Государственное унитарное предприятие Особое конструкторско-технологическое бюро «Орион». — № 2001121111/12; заявл. 26.07.2001; опубл. 20.12.2002, Бюл. № 38. — 7 с.;
18. Zweistufige Pelletliervorrichtung [Текст]: DE 3342660 В 01 J 2/20, В 30 В 11/28 / Benson Volker, 05.06.1985;
19. Granulator for loose material [Текст]: WO 9534375 В 01 J 2/20, В 30 В 11/22 / Tessari Roberto, Via Rivarotta, Bassano Del Grappa, 14.06.1995.

## Die Besonderheiten der Organisation und der Durchführung der experimentalen Forschungen der Systeme der Suche und der Erkennung von Verkehrszeichen

Семенищев Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент;

Куцова Эльвира Леонидовна, кандидат философских наук, доцент;

Фетисов Никита Геннадьевич, магистрант

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета (г. Шахты, Ростовская область)

Шилина Анастасия Владимировна, бакалавр

Таганрогский государственный педагогический институт имени А. П. Чехова (Ростовская область)

Semenischtschew E. A., Kandidat der technischen Wissenschaften, Dozent;

Kutsowa E. L., Kandidat der philosophischen Wissenschaften, Dozent;

Fetisow N. G., Student im Aufbaustudium

Institut für Dienstleistungen und Unternehmertum (Zweigstelle)

der Doner staatlichen technischen Universität

Schachty, Gebiet Rostow am Don

*Im gegebenen Artikel ist der Algorithmus der Durchführung der Forschungen der Systeme der Suche und der Erkennung von Verkehrszeichen beschrieben. Die Kriterien der Organisation und der Durchführung des Experimentes und ebenso die individuellen Besonderheiten der Durchführung des Experimentes je nach dem Modell des Autos sind bestimmt. Die Hauptkriterien für die sichere Arbeit solcher Systeme in Russland sind bestimmt.*

**Schlüsselwörter:** *der Algorithmus der Prüfung; das System der Suche und der Erkennung von Verkehrszeichen; das Experiment; die Kriterien des Experimentes; der Bremsweg; die Fahrersreaktion.*

**Z**urzeit entwickeln sich verschiedene computerintellektuelle Systeme und Komplexe aktiv, die verschiedene technologische Prozesse nach der aus den Systemen der Videofixierung bekommenen Datenanalyse automatisieren. In diesem Zusammenhang entsteht es die Notwen-

digkeit der Bearbeitung der graphischen Informationen, was zur Entwicklung der visuellen Systeme von Computern angestoßen hat. Seit kurzer Zeit, sind die ähnlichen Systeme von den Autoproduzenten für die Bildung der Komplexe der aktiven Autosicherheit und der Systeme der Hilfe des Fah-

ers immer öfter verwendet. Zurzeit verfügen die existierenden Systeme über die äußerst begrenzten Möglichkeiten, was sie in den Autos mit der roboterassistierten Verwaltung aktiv nicht zu verwenden erlaubt. Mit der Bildung solcher Autos beschäftigt sich jetzt eine Menge der Gesellschaften aktiv: Google, Apple, General Motors, Daimler, in Russland werden die ähnlichen Arbeiten vom Autokonzern KamAs geführt. Eines der wichtigsten Elemente solcher Komplexe ist das System der Suche und der Erkennung von Verkehrszeichen, die Fahrsituation konkretisieren, und rechtzeitig, auf die tauschenden Fahrbedingungen reagieren zulässt.

Das System der Suche und der Erkennung von Verkehrszeichen ist Hardware-Softwaremittel, einschließende in sich eine ganze Reihe von Elementen, jeder von denen das Endergebnis beeinflusst, und zwar die Richtigkeit und die Genauigkeit der Erkennung, also muss man die Prüfung solches Systems sowohl komplex, als auch die Prüfung jedes Elementes durchführen. Die Korrektheit der Arbeit solcher Systeme wird eines der wichtigsten der Sicherheitsaspekte, infolgedessen, sind die experimentellen Forschungen der Prüfung der ähnlichen Systeme notwendig, unter anderem für ihre vergleichende Analyse. So kann man über die hohe Aktualität der Bildung der standardmäßigen Methoden der Organisation der experimentellen Forschungen der Systeme der Suche und der Erkennung von Verkehrszeichen sagen.

Das Ziel der Forschung ist die Entwicklung des Algorithmus der Prüfung der automatisierten Systeme der Erkennung von Verkehrszeichen für die Sicherheit des Straßenverkehrs.

Für die Lösung des gestellten Ziels ist die Lösung einer ganzen Reihe der Aufgaben notwendig, die insgesamt abgesonderte experimentelle Forschungen sind und lassen die Qualität des Systems bestimmen. Wobei man sie bedingt in drei Teile teilen kann: die Algorithmusforschungen, die Prüfung des Hardwaresystems (mit der montierten Software, realisierenden Algorithmus) die Prüfung des Systems in den realen Bedingungen. Dabei wird die Einschätzung der Arbeit durch das vereinte Ergebnis der Suche und der Erkennung geführt und, ebenso als im Fall mit dem Forschungsalgorithmus abgesondert die Qualität der Suche und die Qualität der Erkennung. Im Verlauf des Entwicklungssystems für die Minimierung der Wirtschaftsaufwände der Durchführung des Experimentes, ist es nötig die komplexe Forschung nach den Aufgaben auf vier Etappen zu teilen.

Die erste Etappe ist die Prüfung des Algorithmus. Für die Durchführung der ähnlichen Prüfungen entsteht die Basis der Prüfungsvideoreihenfolgen, die vorläufig auf einige Videokameras mit verschiedenen Charakteristiken der Aufnahme aufgenommen sind: 25 und 30 Einzelbilder in der Sekunde, und ebenso mit verschiedenen Scharfzeichnung von den minimalen 240x320 bis zu empfohlenen FullHD 1920x1080; und ebenso laut bestimmten Kriterien [5]. Am optimalsten als Kamera ist es die Anlage zu verwenden, die im endlichen System verwendet werden wird. Ebenso ist die Verwendung der universellen Basis der Videoaufzeichn-

ungen möglich, die für den qualitativen Vergleich verschiedener Algorithmen vorbestimmt sind.

Die zweite Etappe stellt die Durchführung der aktiven experimentellen Forschungen der Realisierung des Hardwaresystems dar. Die im Simulieren der Autosbewegung besteht, dabei muss man eine Reihe der Kriterien, als auch im Fall mit der Algorithmusprüfung erfüllen. Es ist nötig zu bemerken, dass für die Durchführung der ähnlichen Forschungen das ein spezieller Dienstraum notwendig ist, in dem die Bewegung des Autos, die Zeichen des Straßenverkehrs, und ebenso verschiedene Wetterbedingungen vorgeändert werden.

Die dritte Etappe ist die Prüfung des Systems in den realen Bedingungen im Verlauf des aktiven Experimentes. Sie soll auf dem speziell vorbereiteten Platz mit den bestimmten Zeichen des Straßenverkehrs, und ebenso mit verschiedenen Schildern, unter den Bedingungen der Autosbewegung mit verschiedenen Geschwindigkeitscharakteristiken durchgeführt werden.

Die vierte Etappe besteht in der Durchführung der passiven Forschung des Arbeitssystems infolge der Autosbewegung nach den öffentlichen Straßen [4]. Die Realisierung dieser Etappe besteht ebenso in vielen Etappen, abhängende von den Wetterbedingungen.

Die Durchführung jeder Etappe des Experimentes muss einer ganzen Reihe der Kriterien befriedigen, die Qualität des Systems in verschiedenen Bedingungen, und zwar das Simulieren verschiedener Bedingungen bewerten zulassen werden. Man kann sie bedingt auf einige Gruppen teilen.

Die erste Gruppe meint in sich das Simulieren verschiedener Naturbedingungen:

1. Nach der Tageszeit — Tag, Nacht, Dämmerung.
2. In verschiedenen Wetterbedingungen:
  - 2.1. wolkenlos, wenigbewölkt, die hohe Bewölkung, trüb;
  - 2.2. Regen, stürmischer Regen, Gewitter, Nieseln, Nebel, Schnee, stürmischer Schnee, Regen mit Schnee

Die zweite Gruppe der Bedingungen meint in sich das Simulieren verschiedener Bedingungen der Beleuchtungsstärke: die natürliche Beleuchtung; die unechte Beleuchtung, sowohl in der Licht der Scheinwerfer, als auch infolge der Straßenbeleuchtung; das Simulieren der Verblendung des Systems, infolge der geraden Beleuchtung vom Licht des gegenkommenden Autos.

Die dritte Gruppe der Bedingungen ist die Basis der Schilder der Straße entlang, bei der Bildung der ähnlichen Basis ist es nötig einige Kriterien zu berücksichtigen.

1. Die Zeichen des Straßenverkehrs (sowohl vom System erkennbare, als auch nicht erkennbare), das Beispiel ist auf der Zeichnung 1c.
2. Die Zeichen des Straßenverkehrs mit der Überdeckung seines Teiles (zum Beispiel, durch die Blätter der Bäume).
3. Die Werbeschautafeln ähnlichen den Zeichen des Straßenverkehrs nach der Form und der Farbe, zum Beispiel «Vorsichtig! Eichhörnchen!» auf der Zeichnung 1a.



Die Zeichnung 1. **die Bilder aus den Prüfungsvideoaufzeichnungen der verschiedenen enthaltenden Verkehrszeichen. a) — das Schild ist nicht Zeichen des Straßenverkehrs; b) — unstandardmäßiges Zeichen auf dem Auto; c) — das Bild enthält die vorübergehenden und ständigen Zeichen des Straßenverkehrs**

4. Die unstandardmäßigen und vorübergehenden Zeichen, das Beispiel auf den Zeichnungen 1b und 1c

Die vierte Gruppe meint die Bedingungen, die für die Prüfung der Handlungzone des Systems notwendig sind, für die termingemäße des Fahrersreaktion oder der elektronischen Helfer bei der Bewegung, das heißt die Entfernung bis zum Zeichen, auf dem das System das vorliegende Zeichen des Straßenverkehrs bestimmen muss. Es ist nötig zu bemerken, dass die Kriterien der vorliegenden Gruppe vor allem auf der Sicherheit des Straßenverkehrs gegründet sein müssen, also muss man aus den Forderungen zur Bewegung für jedes Land abgesondert, und ebenso verhältnismäßig unmittelbar die Modelle des Autos ausgehen. So ist für die Russische Föderation, laut GOST R im Punkt 5.1. muss Die Entfernung des Zeichensichtes nicht weniger als 100 m [1] sein, laut der Straßenverkehrsregeln müssen die Zeichen des Straßenverkehrs vor dem Hindernis in der Stadt 50–150 m, auf den Fernstraßen 150–300 m [2, 3] sein, daraus kann man feststellen, dass das System das Zeichen in den städtischen Bedingungen ebenso nicht weniger als 50

m, und auf den internationalen Straßen nicht weniger als 100 m «sehen» muss.

Eigentlich sagend, muss die notwendige Entfernung bis zum Zeichen, auf dem das System reagieren muss nicht weniger Bremsweg des Autosweges sein, das heißt, ist die Entfernung für das volle Anhalten des Autos unter Berücksichtigung der Fahrersreaktion notwendig, und erwünscht seit Moment des Erscheinens des Straßenverkehrszeichens. Auf der horizontalen Oberfläche kann man es nach der Formel 1 [6] rechnen.

$$S = \frac{v^2}{2\mu g} + vt \tag{1}$$

Wo,  $v$  — Geschwindigkeit des Autosbewegung in m/S,  $g$  — die Beschleunigung des freien Fallens gleich 9,8 m/s<sup>2</sup>,  $\mu$  — Koeffizient der Reibung,  $t$  — die Zeit der Fahrersreaktion.

Bei der Berechnung ist es nötig zu berücksichtigen, dass die Zeit der Fahrersreaktion individuell für jeden ist, und sich in den Grenzen von 0,4 bis zu 1,6 Sekunden ändert, hängt von seinen psychophysiologischen Besonderheiten, Zus-

tandes, Erfahrung, der Komplexität der Fahrlage und anderer Faktoren ab. Von den zahlreichen Forschungen ausgehend, ist es üblich zu meinen, dass die mittlere Zeit der Fahrersreaktion ungefähr 1 Sekunde ist. Der Reibungskoeffizient hängt von der Masse des Autos, des Typs der Straßenbedeckung, der Reifen, des Bremssystems und einer Menge anderer Faktoren ab, kann man die genäherten Daten ohne Rücksicht auf die konstruktiven Besonderheiten des Mantels und der Masse des Autos verwenden. Die Abhängigkeit des Bremsweges vom Koeffizienten der Reibung ist auf der Zeichnung 2 dargestellt.

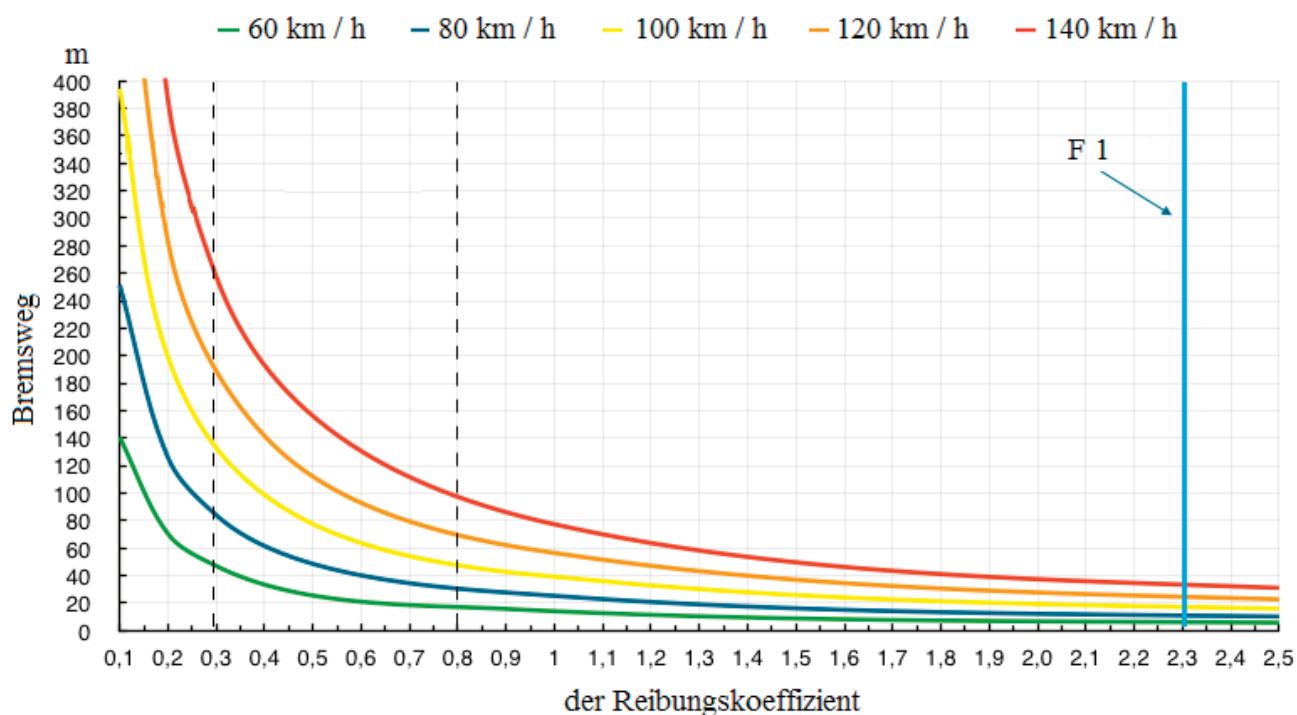
Aus der graphischen Darstellung ist es sichtbar, dass auf den rutschigen Oberflächen (Eis, Schnee, nasser Grund) die Qualität des Gummis nicht wesentlich ist und nur mit der Reibung kann man das Auto auf dem Eis nicht anhalten. Man muss andere Prinzipien verwenden: die Laufdecke, die sich an die Unebenheit der Deckung klammert, Grundstoßen, die Ketten oder die Dornen, haftend ins Eis. Das Abschnitt mit dem Koeffizienten der Reibung bis zu 0.8 charakterisiert ungefähr das Verhalten des gewöhnlichen Autos auf dem Asphalt. Für den Vergleich sind die Kennziffern des Boliden der Formel 1 [7] angeführt.

So ist es bei der Berechnung nötig, die maximalen Schnellcharakteristiken zu bestimmen. Für Russland ist es 60 Kilometer je Stunde bei der Bewegung in der Stadt, 90 Kilometer je Stunde, bei der Bewegung nach den Fernstraßen und 130 Kilometer je Stunde bei der Bewegung nach den Autobahnen.

Die fünfte Gruppe der Kriterien muss die Möglichkeit der Veränderung des Profils der Straße, und zwar die Abstiege und die Aufstiege berücksichtigen. In diesem Fall ist es nötig, ebenso den Winkel der Neigung der Straße zu berücksichtigen.

Die Kombination der Kriterien lassen, die Qualität der Systemsarbeit sowohl in verschiedenen Bedingungen von idealen, als auch äußerst komplizierten bestimmen, und entsprechend, die Wahrscheinlichkeit des Verbleibs und der Erkennung der Straßenverkehrszeichen, im Verlauf einer Menge der Experimente bestimmen. Die Durchführung der Prüfung der ähnlichen Art der Systeme muss ebenso die regionalen Besonderheiten berücksichtigen, ausgehend von den staatlichen Standards an die Zeichen des Straßenverkehrs und die Bedingungen ihrer Anlage jedes abgesonderten Landes, und ebenso die gebietsmäßigen Koeffizienten der Naturbedingungen. Es ist nötig die Zone des Systemgangs abgesondert für jedes Modell des Autos zu bestimmen. Nichtsdestoweniger, ungeachtet der Notwendigkeit einer ganzen Reihe der individuellen Forschungen ist der Algorithmus ihrer Durchführung insgesamt ähnlich.

Im Verlauf der durchgeführten Forschungen ist der Algorithmus der Prüfung der automatisierten Systeme der Erkennung von Verkehrszeichen für die Sicherung des Straßenverkehrs entwickelt. Die Kriterien, die das System der Erkennung der Straßenverkehrszeichen vollkommen prüfen zulassen, sind bestimmt. Ebenso sind die Bedingungen der individuellen Charakteristiken des Systems je nach dem Land, und ebenso der Marke und dem Modell des Autos be-



Die Zeichnung 2. die Abhängigkeit des Bremsweges vom Reibungskoeffizienten zwischen dem Mantel und dem Asphalt bei verschiedenen Anfangsgeschwindigkeiten ohne Rücksicht auf die konstruktiven Besonderheiten des Mantels und der Masse des Autos



stimmt, die Begründung der Gründe des Erscheinens solcher Charakteristiken und ihre Abhängigkeit vom Bremsweg

des Autos ist gegeben. Es sind die Kriterien der sicheren Arbeit der ähnlichen Systeme in Russland bestimmt.

#### References:

1. GOST R 52289—2004 Technitscheskije sredstva organizazii dorozhnogo dwizhenija. Pravila primenenija dorozhnih znakov, razmetki, svetoforow, doroznih ograzdeniy I napravljajutschih ustroystw
2. GOST R 52290—2004 Technitscheskije sredstva organizazii dorozhnogo dwizhenija. Snaki dorozhnye.
3. Pravila doroznogo dwizhenia
4. Mileschkin Kirill, Satschkov Maksim — Proverjaem sistemi raspoznavanija znakov w dele [elektronische Quellen] URL: [http://www.zr.ru/content/articles/444117-proverajem\\_sistemy\\_raspoznavanija\\_znakov\\_v\\_dele/](http://www.zr.ru/content/articles/444117-proverajem_sistemy_raspoznavanija_znakov_v_dele/) (Die Datum der Anrede 15.05.2015).
5. Semenitschschew E. A., Kutsowa E. L., Fetisow N. G. Der Algorithmus der Suche und der Erkennung von Verkehrszeichen nach der Analyse der Videoreihenfolge. Kazan. Pereoditscheskoe uzdanie «Molodoy utschenyi». № 6 2015 г. — с. 214—218.
6. Tormoznoy put [elektronische Quellen] URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D2%EE%F0%EC%EE%E7%ED%EE%E9\\_%EF%F3%F2%FC](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D2%EE%F0%EC%EE%E7%ED%EE%E9_%EF%F3%F2%FC) (Die Datum der Anrede 15.05.2015).
7. SaltLake — Tormozhenie [elektronische Quellen] URL: <http://autokadabra.ru/shouts/75884/> (Die Datum der Anrede 15.05.2015)

## Влияние применения метанола-топливной эмульсии на массовую концентрацию оксидов азота в отработавших газах 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки на частоте вращения максимального крутящего момента

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В данной статье рассмотрены аспекты применения метанола-топливных эмульсий как моторного топлива в дизельных двигателях. Рассмотрены токсические показатели в зависимости от изменения нагрузки на режиме максимального крутящего момента.*

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, метанол, эмульсия, оксиды азота, максимальный крутящий момент.

В настоящее время среди множества способов применения спиртовых видов топлива для транспортных силовых установок недостаточно изученным является подача спиртов в цилиндр в виде эмульсий. В Вятской ГСХА на кафедре ДВС были проведены исследования влияния применения метанола-топливной эмульсии (МТЭ) на эффективные и экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на различных нагрузочных режимах [1—15].

На рис. 1 представлено влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания в цилиндре, показатели объемного содержания  $\gamma_{\text{NOx опыт}}$ , массовой концентрации  $C_{\text{NOx опыт}}$  оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при  $n = 1700$  мин<sup>-1</sup>.

Из графиков видно, что при работе на ДТ при увеличении нагрузки увеличивается максимальное давление сгорания  $p_{z \text{ max}}$  от 6,45 МПа при  $p_e = 0,13$  МПа до 9,29 МПа при  $p_e = 0,82$  МПа. Максимальная осреднённая

температура  $T_{\text{max}}$  в цилиндре возрастает с 1620 К при  $p_e = 0,13$  МПа до 2400 К при  $p_e = 0,82$  МПа. Рост максимальной температуры составляет 780 К, или 32,5% [2]. Объемное содержание  $\gamma_{\text{NOx опыт}}$  и массовая концентрация  $C_{\text{NOx опыт}}$  оксидов азота  $\text{NO}_x$  при работе дизеля на ДТ с возрастанием нагрузки увеличиваются, соответственно, с 465 ppm и 0,67 г/м<sup>3</sup> на минимальной нагрузке при  $p_e = 0,13$  МПа, до 671 ppm и 0,96 г/м<sup>3</sup> при  $p_e = 0,70$  МПа [16—24].

При переходе с ДТ на МТЭ при частоте вращения максимального крутящего момента  $n = 1700$  мин<sup>-1</sup> и  $p_e = 0,82$  МПа происходит увеличение максимальной осредненной температуры  $T_{\text{max}}$  с 2400 до 2590 К, т.е. максимальная осредненная температура увеличивается на 7,9%. Увеличение объемного содержания  $\gamma_{\text{NOx опыт}}$  и массовой концентрации  $C_{\text{NOx опыт}}$  оксидов азота при работе дизеля на МТЭ на оптимальных установочных УОВТ при  $n = 1700$  мин<sup>-1</sup> и  $p_e = 0,82$  МПа составляет, соответственно, 168 ppm и 0,24 г/м<sup>3</sup>, или 25,0%.



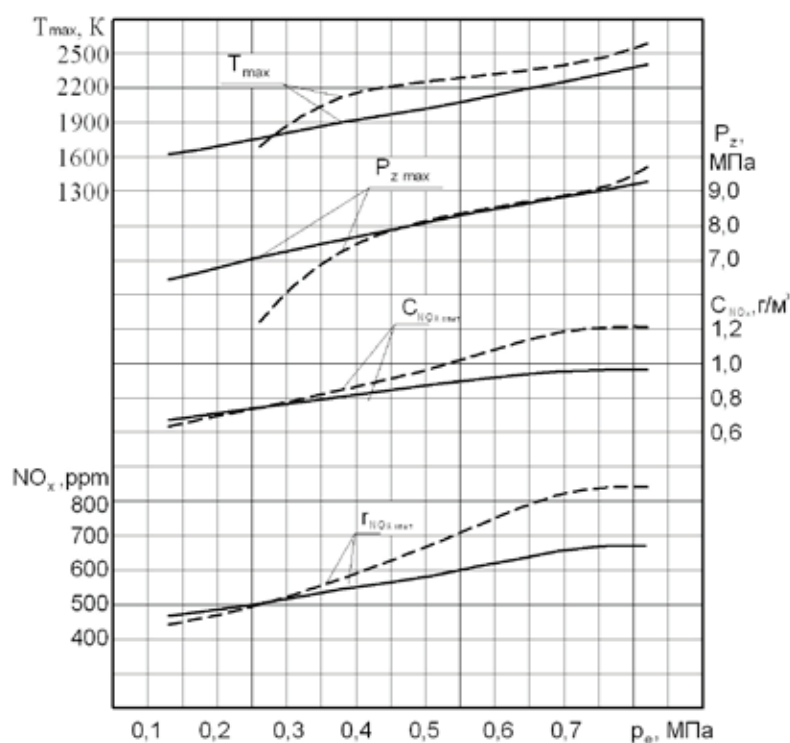


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания в цилиндре и показатели объемного содержания  $\gamma_{NOx \text{ опыт}}$  массовой концентрации  $C_{NOx \text{ опыт}}$  оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 на оптимальных углах в зависимости от изменения нагрузки:  $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ ,  $\frac{3}{4}$  — ДТ; — — — МТЭ

На основании полученных данных можно сделать вывод, что применение МТЭ не позволяет обеспечить снижение объемного содержания  $\gamma_{NOx \text{ опыт}}$  и массовой кон-

центрации  $C_{NOx \text{ опыт}}$  оксидов азота во всем диапазоне изменения нагрузки [24–36].

Литература:

1. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 211 с.
2. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
3. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
4. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184с.
5. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
6. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
8. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кан-

- дидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
  10. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
  11. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
  12. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
  13. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
  14. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
  15. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
  16. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
  17. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
  18. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
  19. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
  20. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
  21. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
  22. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
  23. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
  24. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
  25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
  26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
  27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
  28. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
  29. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
  30. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
  31. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
  32. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.
  33. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1999.
  34. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Определение оптимальных углов опережения впрыскивания топлив при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 5 (41). с. 62–64.
  35. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.

36. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.

### Влияние применения метанола-топливной эмульсии на массовую концентрацию оксидов азота в отработавших газах 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки на номинальной частоте вращения

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В данной статье рассмотрены аспекты применения метанола-топливных эмульсий как моторного топлива в дизельных двигателях. Рассмотрены токсические показатели в зависимости от изменения нагрузки на режиме номинальной частоты вращения.

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, метанол, эмульсия, оксиды азота.

Возможность использования метанола-топливных эмульсий (МТЭ) в качестве топлива для автотракторных дизелей обуславливается в первую очередь тем, что в условиях дефицита дизельного топлива (ДТ) метанол может быть получен из любого газообразного топлива, а также из пищевых и сельскохозяйственных отходов. В Вятской ГСХА на кафедре ДВС были проведены исследования влияния применения метанола-топливной эмульсии (МТЭ) на эффективные и экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на различных скоростных и нагрузочных режимах [1–12].

На рис. 1 представлено влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания в цилиндре, показатели объемного содержания  $\gamma_{\text{NOx опыт}}$ , массовой концентрации  $C_{\text{NOx опыт}}$  оксидов азота в отработавших газах (ОГ) дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки  $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ .

Из графиков видно, что при работе на ДТ при увеличении нагрузки увеличивается максимальное давление сгорания  $p_{z \text{ max}}$  от 6,64 МПа при  $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ , до 8,72 МПа при  $p_e = 0,70 \text{ МПа}$ . Рост максимальной осредненной температуры  $T_{\text{max}}$  составляет 510 К, или 22,5%. Объемное содержание  $\gamma_{\text{NOx опыт}}$  и массовая кон-

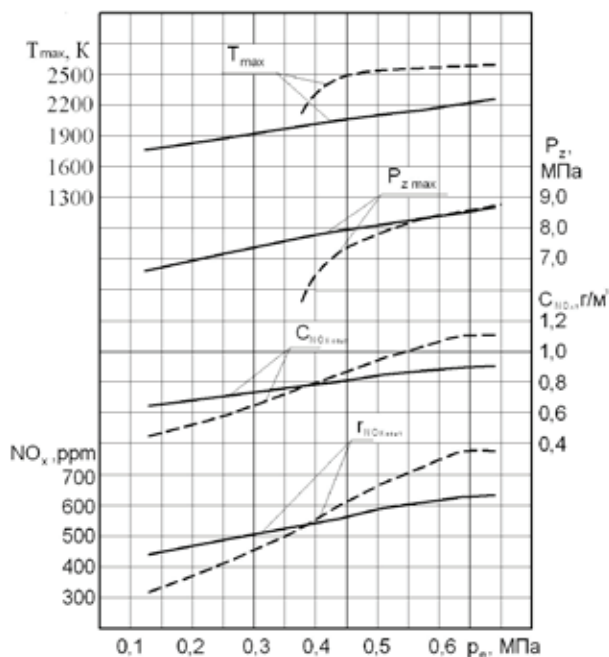


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания в цилиндре и показатели объемного содержания  $\gamma_{\text{NOx опыт}}$  массовой концентрации  $C_{\text{NOx опыт}}$  оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 на оптимальных углах в зависимости от изменения нагрузки:  $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ ,  $\frac{3}{4}$  — ДТ; — — — МТЭ

центрация  $C_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$  оксидов азота  $\text{NO}_x$  при работе дизеля на ДТ с возрастанием нагрузки увеличиваются, соответственно, с 441 ppm и 0,63 г/м<sup>3</sup> до 636 ppm и 0,915 г/м<sup>3</sup> [13–26].

При работе на МТЭ при увеличении нагрузки максимальное давление сгорания  $p_{z \text{ max}}$  возрастает с 5,61 МПа при  $p_e = 0,38$  МПа, до 8,77 МПа при  $p_e = 0,70$  МПа. Рост максимальной осредненной температуры  $T_{\text{max}}$  при изменении нагрузки составляет 480 К, или 18,5%. Объемное

содержание  $\gamma_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$  и массовая концентрация  $C_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$  оксидов азота  $\text{NO}_x$  при работе дизеля на МТЭ с возрастанием нагрузки увеличиваются, соответственно, с 315 ppm и 0,45 г/м<sup>3</sup> до 774 ppm и 1,11 г/м<sup>3</sup> [1].

На основании полученных данных можно сделать вывод, что применение МТЭ не позволяет обеспечить снижение объемного содержания  $\gamma_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$  и массовой концентрации  $C_{\text{NO}_x \text{ опыт}}$  оксидов азота во всем диапазоне изменения нагрузки [27–36].

#### Литература:

1. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 211 с.
2. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
3. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
4. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184с.
5. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
6. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
8. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
10. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
11. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
12. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
13. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
14. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
15. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
16. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
17. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
18. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.

19. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
20. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
21. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
22. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
23. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
24. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
28. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
29. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
30. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
31. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
32. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.
33. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1999.
34. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Определение оптимальных углов опережения впрыскивания топлив при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 5 (41). с. 62–64.
35. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.
36. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.

## Особенности расчета констант скорости реакций термической диссоциации в цилиндре дизеля

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В данной статье рассмотрена методика расчета констант скорости реакций термической диссоциации при сгорании углеводородных топлив в цилиндре дизеля.*

**Ключевые слова:** константы скорости реакций, термическая диссоциация, горение углеводородных топлив.

Кинетические особенности реакций термической диссоциации при горении углеводородных топлив определяются конкуренцией процессов химического изме-

нения структуры молекул и биомолекулярного механизма активации. Реакция термической диссоциации записывается в виде:





где A, B, C — атомы, радикалы или молекулы;  
M — инертный партнер по соударению.

Термическая диссоциация может быть относительно быстрым процессом при высоких температурах горения. Обычно она приводит к образованию атомов и радикалов [1–12].

В условиях горения отношение констант скорости прямой и обратной реакции ( $k_{\text{дис}}$  и  $k_{\text{рек}}$  соответственно) равно константе равновесия:

$$\frac{k_{\text{дис}}}{k_{\text{рек}}} = K_p.$$

Необходимо подчеркнуть, что это соотношение можно использовать в том случае, если реакции рассматриваются в аналогичных направлениях, т.е. при одинаковых температурах, давлениях и составах смеси. Изменяя константу скорости прямой реакции, одновременно изменяется константа скорости обратной реакции, поскольку они связаны через константу равновесия. Записывая уравнение реакции, можно выбрать именно то, направление ее протекания, которое соответствует исследуемому процессу.

Рассмотрим константы диссоциации и рекомбинации на примере реакций, участвующей в процессе термической диссоциации при сгорании углеводородных топлив. Определим константу скорости диссоциации  $k_{\text{дис}}$  как зависящую от величины M константу скорости первого порядка и константу скорости рекомбинации  $k_{\text{рек}}$  как константу скорости второго порядка, также зависящую от M, с помощью уравнений [13–27]:

$$k_{\text{дис}} \equiv - \frac{1}{[AB]} \cdot \frac{d[AB]}{dt},$$

$$k_{\text{рек}} \equiv + \frac{1}{[A][B]} \cdot \frac{d[AB]}{dt}.$$

Литература:

1. Химия горения: Пер. с англ./под ред. У. Гардинера. — М.: Мир, 1988—464 с.
2. Основы практической теории горения / В. В. Померанцев [и др.]/ Под ред. В. В. Померанцева. Л.: Энергоатомиздат, 1986. — 312 с.
3. Ксандопуло, Г. И., Дубинин В. В. Химия газофазного горения. — М.: Химия, 1987. — 240 с.
4. Варнатц, Ю., Маас У., Диббл Р. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ. — М.: Физматлит, 2003. — 351 с.
5. Франк-Каменецкий, Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. — М.: Наука, 1967. — 367 с.
6. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 211 с.
7. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
8. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.

Используя условие квазистационарности при столкновении частиц с образованием возбужденных молекул

$AB \xrightarrow{d[AB^*]} 0$  можно получить уравнения:

$$k_{\text{дис}} = k_1[M] \left( \frac{k_2}{k_2 + k_{-1}[M]} \right),$$

$$k_{\text{рек}} = k_{-2} \left( \frac{k_{-1}[M]}{k_2 + k_{-1}[M]} \right).$$

Данные уравнения представляет собой первое приближение зависимости констант скоростей  $k_{\text{дис}}$  и  $k_{\text{рек}}$  от величины [M] (часто называемой зависимостью от давления или плотности, хотя всегда имеется в виду концентрация). Данные уравнения написаны таким образом, что первые множители представляют собой константы скорости первичных стадий процессов ( $k_1 [M]$  и  $k_2$  соответственно), а вторые множители являются вероятностями того, что вслед за начальным актом реакция действительно осуществляется. Эти вероятности равны 1 для диссоциации и рекомбинации при низких и высоких давлениях соответственно и стремятся к 0 для диссоциации при высоких давлениях и для рекомбинации при низких давлениях. На принятом уровне  $k_{\text{дис}}$  и  $k_{\text{рек}}$  связаны равновесным соотношением:

$$\frac{k_{\text{дис}}}{k_{\text{рек}}} = \frac{k_1}{k_{-1}} \cdot \frac{k_2}{k_{-2}} = \left( \frac{[A][B]}{[AB]} \right)_{\text{равн}} = K_p$$

В рекомбинации при низких давлениях слипание и обратная диссоциация  $AB^*$  происходят более часто, чем стабилизация при соударениях, и таким образом, достигается равновесие между A, B и  $AB^*$ , что и описывается отношением констант скорости  $k_{-2}/k_2$ . Проведенные эксперименты подтверждают данную теорию [28–37].

9. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184с.
10. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
11. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
12. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
13. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
14. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
15. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
16. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
17. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
18. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
19. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
20. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
21. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
22. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
23. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
24. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
25. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
26. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
27. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
28. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
29. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
30. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
31. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
32. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
33. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
34. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.

35. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1999.
36. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.
37. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.

## Особенности методики стендовых исследований работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В данной статье рассмотрена методика стендовых исследований работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе.*

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, природный газ, оксиды азота.

Методика проведения стендовых испытаний основана на сравнительном методе [1–15]. Показатели работы дизеля на природном газе (ПГ) сравнивались с показателями работы базового дизеля. При проведении стендовых испытаний предполагалось сохранение мощностных и экономических параметров дизеля при работе на ПГ по сравнению с дизелем при работе на дизельном топливе (ДТ). Структурная схема стендовых испытаний приведена на рис. 1.

Все испытания проводились согласно ГОСТ 14846–81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний». Стендовые испытания проводились в четыре этапа.

На первом этапе предусматривалась разработка и оптимизация системы дозирования и регулирования подачи ПГ в дизель 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха (ПОНВ), включающая в себя определение оптимальных геометрических параметров смесителя-дозатора, а также определение запальной порции ДТ. При этом определялись мощностные и экономические показатели работы двигателя на различных нагрузочных и скоростных режимах работы при работе на ДТ и ПГ.

На втором этапе при оптимизированной системе питания двигателя проводился весь комплекс испытаний, включающий в себя снятие нагрузочных и скоростных ха-

рактеристик при различных установочных УОВТ с последующей их оптимизацией с определением мощностных, экономических показателей, а также показателей токсичности и дымности отработавших газов (ОГ).

На третьем этапе проводилось индицирование процесса сгорания, с обработкой индикаторных диаграмм при работе на ДТ и ПГ. При обработке индикаторных диаграмм определяются показатели процесса сгорания и тепловыделения [16–25].

На четвертом этапе производился полный анализ параметров процесса сгорания, токсичности ОГ. На основании проведенного анализа предусматривалась разработка химизма образования оксидов азота в цилиндре дизеля, а также разрабатывались рекомендации по улучшению экологических показателей работы дизеля на ПГ.

Учитывая специфику работы автомобильного двигателя с ПОНВ, основными режимами исследований выбирались: номинальный скоростной режим с частотой вращения коленчатого вала  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup> и режим максимального крутящего момента при частоте вращения коленчатого вала  $n = 1700$  мин<sup>-1</sup>. Основным условием исследований при работе на ПГ было сохранение одинаковых значений средних эффективных давлений ( $p_e$ ) для каждого исследуемого режима [26–34].

### Литература:

1. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 211 с.
2. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыде-

### Структурная схема проведения стендовых исследований дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе

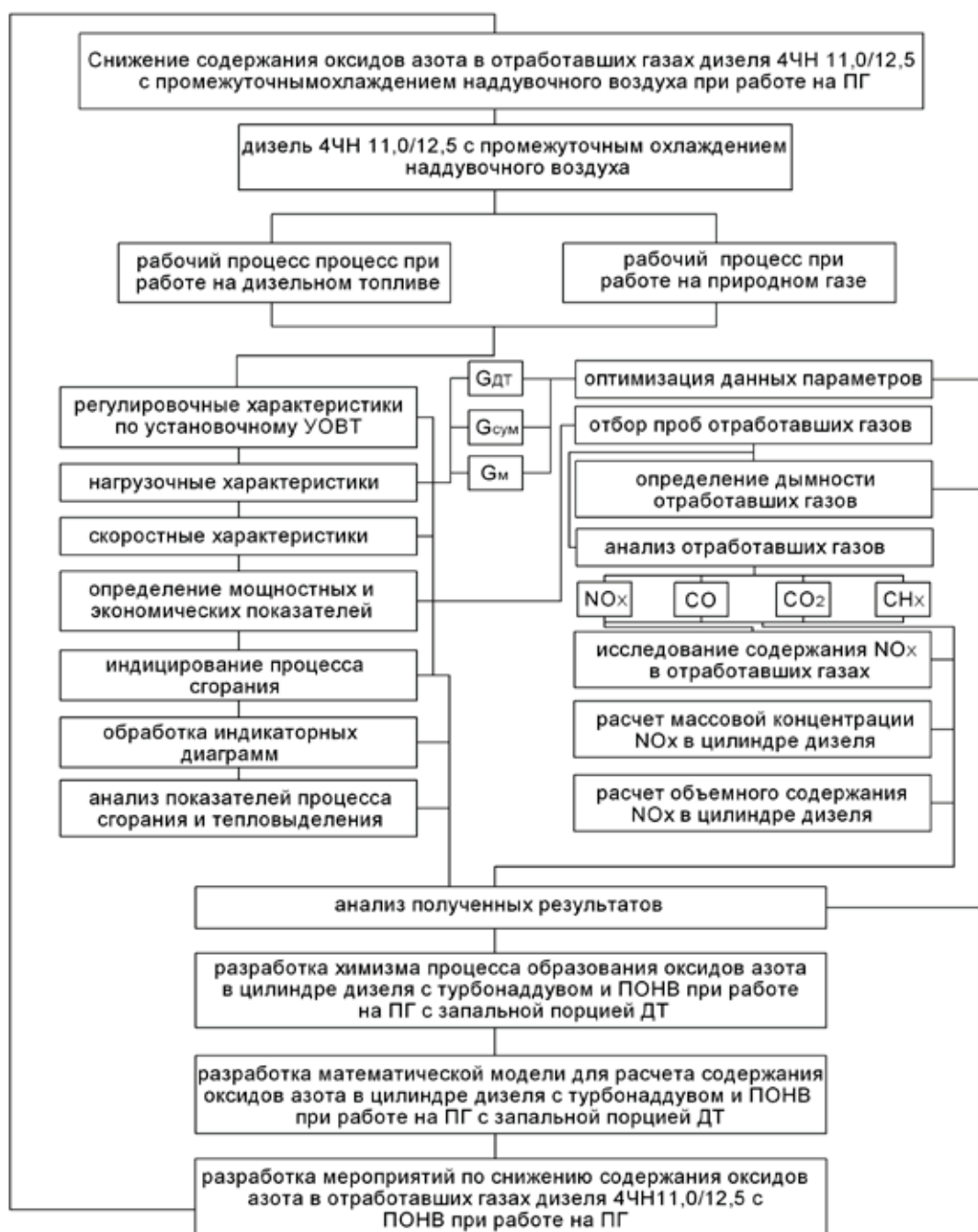


Рис. 1. Структурная схема проведения стендовых исследований по снижению содержания оксидов азота в ОГ дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на природном газе

ления. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.

3. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
4. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184с.



5. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
6. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
8. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
10. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
11. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
12. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
13. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
14. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
15. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
16. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
17. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
18. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
19. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
20. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
21. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
22. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
23. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
24. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
28. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
29. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
30. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
31. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.



32. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Определение оптимальных углов опережения впрыскивания топлив при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 5 (41). с. 62–64.
33. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.
34. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.

## Математическая модель расчета содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4 ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на природном газе

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В данной статье рассмотрена математическая модель расчета содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4 ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на природном газе.*

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, природный газ, дизельное топливо.

Скорость горения распыленного дизельного топлива (ДТ) в потоке метано-воздушной смеси (МВС) в общем случае определяется скоростями различных «элементарных» процессов. К ним относятся: прогрев, испарение, разгон и дробление капель ДТ, смешение паров ДТ и природного газа (ПГ) с окислителем, химические реакции и т.п. [1–12].

Примем, что капли ДТ и МВС равномерно распределены по сечению КС и все параметры процесса в силу этого зависят только от продольной координаты  $x$ . Таким образом, рассматривается одномерная постановка задачи. Она позволяет исследовать низкочастотные и продольные акустические колебания.

Рассмотрим элементарные процессы, определяющие скорость испарения капель ДТ, поскольку они существенным образом определяют процессы в газовой фазе МВС. Увеличение температуры и массы МВС за счет горения и испарения капель ДТ вызывает ее ускоренное движение. Возникающая вследствие этого разность скоростей МВС и капель ДТ порождает аэродинамические силы, действующие на каплю ДТ, которые при определенных условиях могут приводить к разрушению капель ДТ [13–26].

При нагреве капли ДТ происходит ее испарение. Вначале при температуре ниже температуры кипения топлива испаряются наиболее легкие фракции. По мере повышения температуры начинается испарение более тяжелых соединений. На скорость испарения капли ДТ оказывает влияние разность парциальных давлений паров испаряемых фракций в капле и в окружающей среде. Скорость образования пара резко возрастает, когда температура частицы достигает температуры кипения ДТ.

На рис 1 показана схема горения капли ДТ в турбулентном потоке МВВ с избытком окислителя. При ис-

парении топлива вокруг капли ДТ 1 образуется зона паров горючего 2, навстречу которой из среды диффундирует окислитель 5. В результате вокруг капли образуется горючая смесь. Горение полученной смеси происходит в тонком слое 3, концентрация горючего в котором близка к стехиометрической. Толщина слоя 3, называемого фронтом горения, обычно составляет несколько долей миллиметра. Продукты сгорания 6 и 7, образующиеся в зоне горения 3, диффундируют в двух направлениях: в сторону капли — в зону паров горючего 2 и в противоположную сторону — в зону их догорания 4. Таким образом, объем, занимаемый факелом, делится на две части: внутреннюю, состоящую из паров топлива и продуктов сгорания, диффундирующих из фронта горения в сторону капли ДТ, и внешнюю, состоящую из продуктов сгорания и диффундирующего навстречу им воздуха. При турбулентном режиме горения МВС скорость диффузии МВС в зону горения капли ДТ выше скорости ее испарения. Поэтому фактором, возможно определяющим скорость горения капли, является продолжительность испарения.

Дробление капель ДТ в основном определяется двумя видами сил: силой, определяемой скоростным напором, действующим на каплю ДТ, и касательными силами трения.

Так как единичный форсуночный элемент создает пучок капель ДТ, то их распределение по сечению КС газодизеля с ПОНВ неравномерно. Пучки капель ДТ обладают аэродинамическим сопротивлением, поэтому МВВ их частично обтекает. В связи с этим скорость газа внутри пучка меньше его средней скорости. Последнее затрудняет процесс дробления капель ДТ, что подтверждается многочисленными экспериментами [17–34].

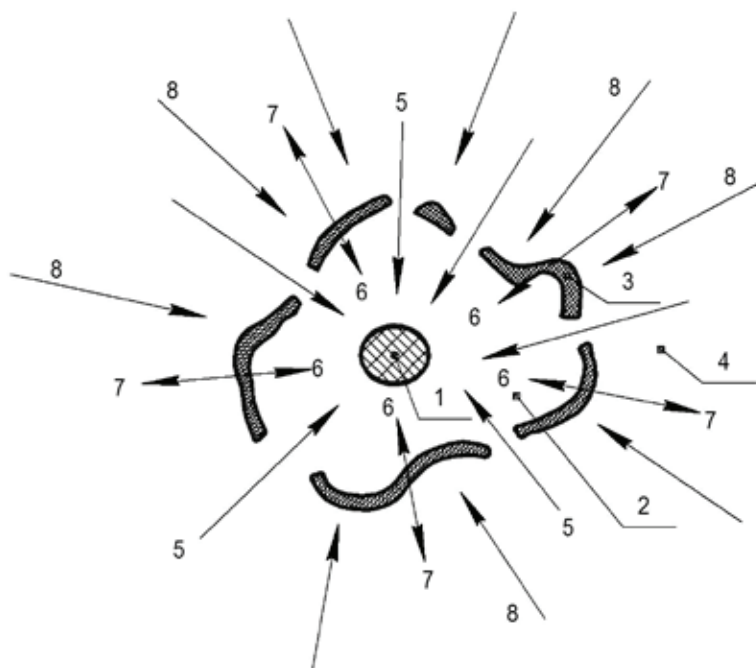


Рис. 1. Схема горения капли ДТ в турбулентном потоке МВС с избытком окислителя: 1 — капля ДТ; 2 — пары горючего; 3 — фронт горения; 4 — зона догорания; 5 — окислитель; 6,7 — продукты сгорания; 8 — турбулентный поток МВВ

#### Литература:

1. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 211 с.
2. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
3. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
4. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184с.
5. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
6. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
8. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
10. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.

11. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
12. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
13. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
14. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
15. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
16. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
17. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
18. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
19. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
20. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
21. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
22. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
23. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
24. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
28. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
29. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
30. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
31. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.
32. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Определение оптимальных углов опережения впрыскивания топлив при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 5 (41). с. 62–64.
33. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.
34. Скрябин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.

## Влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на частоте вращения максимального крутящего момента

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В данной статье рассмотрено влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля при работе на частоте вращения максимального крутящего момента.

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, природный газ, оксиды азота, максимальный крутящий момент.

Содержание токсичных компонентов в отработавших газах (ОГ) дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением надвучного воздуха (ПОНВ) в зависимости от изменения установочного УОВТ для частоты вращения максимального крутящего момента ( $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 1,036 \text{ МПа}$ ) представлено на рис. 1 [1–15].

Как видно из графиков при всех значениях установочных УОВТ при работе дизеля на природном газе (ПГ) в ОГ происходит снижение содержания оксидов азота, сажи и увеличение содержания углеводородов, суммарных оксидов и диоксидов углерода. Снижение значения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота при работе дизеля на ПГ на 15...20% при возраста-

ющей температуре в цилиндре дизеля связано с температурной неравномерностью в зоне образования продуктов сгорания, а также с тем, что время нахождения продуктов сгорания в зоне максимальных температур снижается вследствие более интенсивного процесса сгорания.

Содержание  $\text{CH}_x$  в ОГ дизеля с увеличением установочного УОВТ в целом снижается, как при работе дизеля на дизельном топливе (ДТ), так и на ПГ, но при работе дизеля на ПГ содержание  $\text{CH}_x$  в ОГ в 10...20 раз выше по сравнению с работой на ДТ.. Это объясняется высокой турбулизацией заряда, приводящей к интенсификации процессов выгорания сажевых частиц в цилиндре при работе дизеля на ПГ [16–26].



Рис. 1. Влияние применения ПГ на содержание токсичных компонентов ОГ дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения установочного УОВТ при  $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 1,036 \text{ МПа}$ ; — — — — — дизельный процесс, — — — — — газодизельный процесс

Для установочного УОВТ  $\omega_{\text{впр}} = 5^\circ$  до в.м.т. характерна неустойчивая работа, нестабильность рабочего процесса и довольно быстрый перегрев двигателя.

При  $n = 1700$  мин<sup>-1</sup>,  $p_e = 1,036$  МПа при работе дизеля на ПГ содержание СО в ОГ равно 0,082%. При работе дизеля на ПГ — 0,015%. Увеличение содержания СО в ОГ при работе дизеля на ПГ составляет 0,067%. Содержание СО<sub>2</sub> в ОГ при работе дизеля на данном режиме на ПГ равно 5,25%, при работе дизеля на ДТ — 4,5%. Увеличение при работе дизеля на ПГ составляет 0,75%. Содержание СН<sub>x</sub> в ОГ при работе дизеля на ПГ равно 0,105%, при работе дизеля на ДТ — 0,007%. Снижение дымности ОГ при работе дизеля на данном режиме

на ДТ составляет 90%. Для оптимальных установочных УОВТ характерна устойчивая работа, максимальная «жесткость» рабочего процесса ( $dp/d\phi$ ) тах находится в пределах допустимых значений и составляет менее 1,0 МПа/град.

Подводя итоги полученных результатов, можно оценить влияние применения ПГ в качестве моторного топлива в дизеле 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ на экологические показатели работы дизеля. Можно отметить, что совместное использование ПГ и турбонаддува с ПОНВ позволяет значительно снизить содержание оксидов азота в ОГ, дымность ОГ и тем самым улучшить экологические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ [26–34].

#### Литература:

1. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 211 с.
2. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
3. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
4. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184с.
5. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
6. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
8. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
10. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
11. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
12. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
13. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
14. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
15. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
16. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.



17. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
18. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
19. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
20. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
21. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
22. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
23. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
24. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
28. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
29. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
30. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
31. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.
32. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1999.
33. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.
34. Скрыбин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.

## **Влияние применения природного газа на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения нагрузки**

Скрыбин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В данной статье рассмотрено влияние применения природного газа на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения нагрузки.*

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, природный газ, эффективные показатели, максимальный крутящий момент.

**Н**агрузочные характеристики изменения эффективных показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха (ПОНВ) при работе дизеля на дизельном топливе (ДТ) и на природном

газе (ПГ) на оптимальных установочных УОВТ на номинальной частоте вращения ( $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$ ) представлены на рис. 1 [1–18].

Проводя сравнительный анализ работы дизеля на ДТ и ПГ на номинальной частоте вращения ( $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$ ), можно отметить следующие особенности. При работе дизеля на ПГ мощностные показатели дизеля полностью сохраняются. Значение эффективной мощности  $N_e$  при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,126 \text{ МПа}$  составляет 12 кВт и увеличивается по линейной зависимости до 90 кВт при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$ .

Значения суммарного удельного расхода  $g_e$  при работе дизеля на ПГ в области больших нагрузок ниже, чем  $g_e$  при работе дизеля на ДТ, а на малой и средней нагрузке удельный расход больше. Так при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,30 \text{ МПа}$   $g_e$  при переходе на ПГ повышается с 328 г/(кВт·ч) до 430 г/(кВт·ч) или на 31,1%, а при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$   $g_e$  снижается с 227 г/(кВт·ч) до 208 г/(кВт·ч) или на 8,3%.

Значение эффективного к.п.д.  $\eta_e$  при работе дизеля на ПГ во всем диапазоне изменения нагрузки меньше, чем при работе дизеля на ДТ. При  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$   $p_e = 0,126 \text{ МПа}$  значение  $\eta_e$  снижается с 0,162 до 0,102, а при нагрузке, соответствующей  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$  снижается с 0,380 до 0,363. Но можно отметить, что при работе дизеля на ПГ к.п.д. остается достаточно высоким. Часовой расход воздуха при переходе на ПГ при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,

$p_e = 0,126 \text{ МПа}$  равен расходу при работе дизеля на ДТ и составляет  $G_B = 455 \text{ кг/ч}$ , а при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$  снижается с 591 кг/ч до 533 кг/ч или на 9,8%. Снижение происходит вследствие того, что часть воздуха на впуске замещается ПГ. Подача ПГ таким же образом влияет на коэффициент наполнения  $\eta_v$  и коэффициент избытка воздуха  $\alpha$ . Так, при переходе на ПГ при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,126 \text{ МПа}$  значение  $\eta_v$  снижается с 0,940 до 0,907 или на 3,1%, а при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$  с 0,938 до 0,909 или на 3,1%. При  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,126 \text{ МПа}$  значение  $\alpha$  снижается с 4,86 до 3,03, а при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$  с 2,00 до 1,69. При переходе на ПГ уменьшается температура ОГ. Так, при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,126 \text{ МПа}$  значение  $t_g$  снижается с 197°C до 181°C, а при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$  с 430°C до 367°C [19–28].

Уменьшение температуры ОГ, свидетельствует об уменьшении давления и скорости в выпускном трубопроводе, что влияет на степень увеличения частоты вращения ротора турбокомпрессора. Поэтому давление наддува  $p_k$  и температура на выходе из турбокомпрессора  $t_H$  при работе дизеля на ПГ также снижаются.

Значение температуры воздуха на выходе из охладителя  $t_{охл}$  при переходе на ПГ практически не изменяется, т.е. при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,126 \text{ МПа}$  значение  $t_{охл}$  повышается с 46°C до 47°C, а при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$  снижается с 69°C до 68°C [29–33].

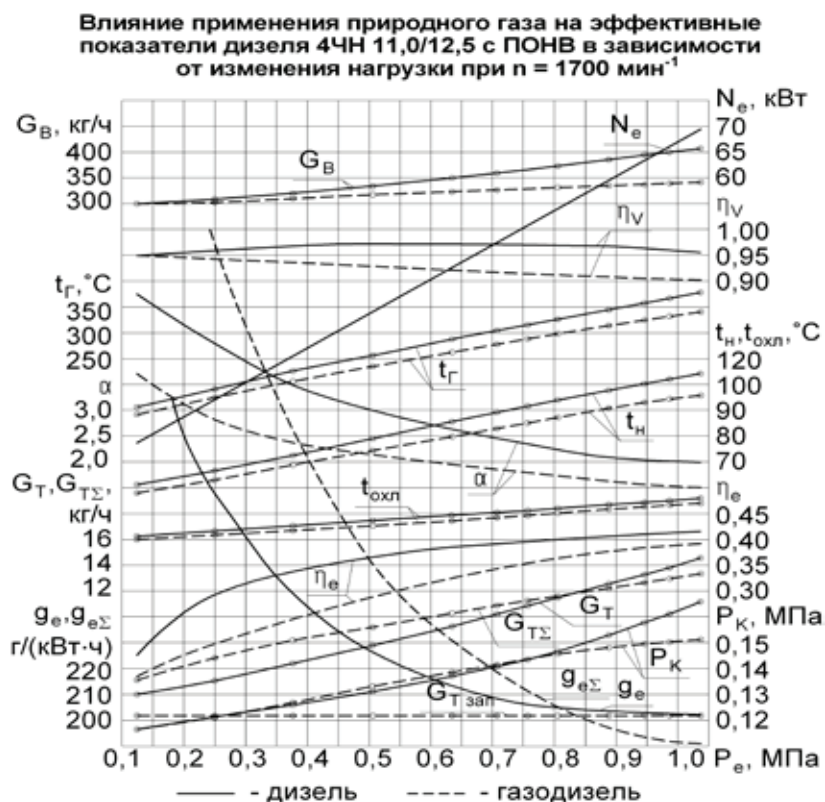


Рис. 1. Влияние применения ПГ на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения нагрузки на оптимальных установочных УОВТ при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ : — — дизельный процесс, — — — газодизельный процесс

## Литература:

1. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 211 с.
2. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
3. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
4. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184с.
5. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
6. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
8. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
10. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
11. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
12. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
13. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
14. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
15. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
16. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
17. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
18. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
19. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
20. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
21. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
22. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
23. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.

24. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
28. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
29. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
30. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.
31. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1999.
32. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.
33. Скрыбин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.

## Влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения

Скрыбин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В данной статье рассмотрено влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения.*

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, природный газ, экологические показатели, номинальная частота вращения.

Нагрузочные характеристики изменения содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха (ПОНВ) при работе дизеля на дизельном топливе (ДТ) и на природном газе (ПГ) на оптимальных установочных УОВТ представлены на рис. 1 [1–15].

При работе дизеля на оптимальных установочных УОВТ ( $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$  до в.м.т для работы на ПГ и  $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$  до в.м.т для работы на ДТ) при номинальной частоте вращения  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup> при работе дизеля на ДТ содержания  $\text{NO}_x$  в ОГ возрастает от 480 ppm при  $p_e = 0,126$  МПа до 650 ppm при  $p_e = 0,947$  МПа (на 35% от минимального значения). При работе дизеля на ПГ содержание  $\text{NO}_x$  в ОГ увеличивается с 360 ppm при  $p_e = 0,126$  МПа до 499 ppm при  $p_e = 0,947$  МПа, т.е. на 38%. Снижение содержания оксидов азота составляет 151 ppm или 23%.

При работе дизеля на частоте вращения  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup>, с увеличением нагрузки содержание СО в ОГ снижается с 0,063% при  $p_e = 0,126$  МПа, до 0,029% при  $p_e = 0,947$  МПа (на 54%).

При работе дизеля на ПГ с увеличением нагрузки содержание  $\text{CO}_2$  в ОГ увеличивается с 2,55% при  $p_e = 0,126$  МПа до 4,72% при  $p_e = 0,947$  МПа (на 85%). Увеличение равно 0,97%. При работе дизеля на ДТ с увеличением нагрузки дымность ОГ увеличивается с 0,1 единицы по шкале Bosch при  $p_e = 0,126$  МПа до 1,95 единицы по шкале Bosch при  $p_e = 0,947$  МПа (на 1,85 единицы по шкале Bosch). При работе дизеля на ПГ с увеличением нагрузки дымность ОГ увеличивается с 0,10 единицы по шкале Bosch при  $p_e = 0,126$  МПа до 0,95 единицы по шкале Bosch при  $p_e = 0,947$  МПа (на 0,85 единицы по шкале Bosch). Таким образом, при



работе дизеля на ПГ происходит снижение дымности ОГ дизеля на 51 %.

Анализируя изменения значений содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения нагрузки при оптимальных установочных УОВТ на номинальной

частоте вращения  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$  можно отметить следующее. Содержание оксидов азота в ОГ при работе дизеля на ПГ ниже, чем при работе дизеля на ДТ во всем диапазоне изменения нагрузок. Так, при  $p_e = 0,947 \text{ МПа}$  содержание  $\text{NO}_x$  в ОГ снижается на 23,2% (с 650 до 499 ppm) [16–24].

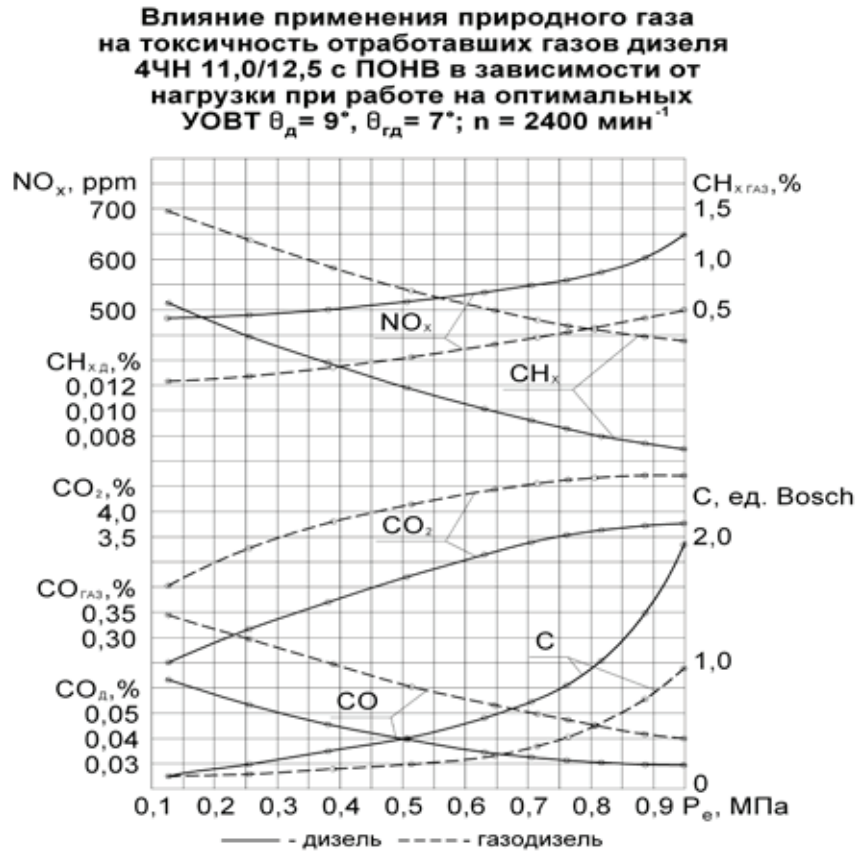


Рис. 1. Влияние применения ПГ на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения нагрузки: —  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ , — — — дизельный процесс, — — — газодизельный процесс

Анализируя содержание в ОГ суммарных углеводородов  $\text{CH}_x$  следует отметить, что содержание существенно возрастает при уменьшении нагрузки и достигает максимума при сбросе нагрузки до режима близкого к холостому ходу. При этом содержание  $\text{CH}_x$  в ОГ дизеля составляет 0,007% ( $p_e = 0,947 \text{ МПа}$ ), а при работе дизеля на ПГ содержание  $\text{CH}_x$  в ОГ двигателя составляет уже 0,20%, что в 28 раз больше. Это объясняется тем, что суммарные углеводороды и оксид углерода являются продуктами неполного сгорания топлива. На увеличение

процентного содержания  $\text{CH}_x$  в ОГ оказывает влияние ухудшение процесса сгорания на малых нагрузках из-за переобеднения газовой смеси вследствие использования качественного способа регулирования мощности и воспламенения запальным дизельным топливом. В результате на малых нагрузках процесс распространения фронта пламени и весь процесс сгорания в целом протекает более вяло, способствуя неполному сгоранию топлива и, как следствие, снижению эффективного коэффициента полезного действия. [25–34].

Литература:

1. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 211 с.
2. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.



3. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184с.
4. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
5. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
6. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
7. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
8. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
9. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
10. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
11. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
12. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
13. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
14. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
15. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
16. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
17. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
18. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
19. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
20. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
21. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
22. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
24. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.

28. Лопатин, О.П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
29. Лопатин, О.П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
30. Лопатин, О.П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
31. Лиханов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.
32. Лиханов, В.А., Полевщиков А.С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.
33. Скрыбин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.

## Влияние применения природного газа на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала

Скрыбин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В данной статье рассмотрено влияние применения природного газа на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала.*

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, природный газ, эффективные показатели.

Скоростные характеристики изменения эффективных показателей дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 при работе дизеля на ДТ и ПГ на оптимальных установочных УОВТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала представлены на рис. 1 [1–17].

Сравнивая графики работы дизеля на ДТ и ПГ можно отметить следующее. Кривые эффективной мощности  $N_e$  и крутящего момента  $M_k$  при работе дизеля на ДТ и ПГ совпадают, т.е. при переходе на ПГ мощностные показатели дизеля полностью сохраняются. Значение эффективной мощности при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> составляет 55 кВт и увеличивается до 90 кВт при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup>. Значение крутящего момента  $M_k$  при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> составляет 381 Н·м, увеличивается до 390 Н·м при  $n = 1700$  мин<sup>-1</sup>, затем уменьшается до 358 Н·м при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup>. Суммарный часовой расход топлива  $G_T \Sigma$  на всем скоростном диапазоне работы при работе дизеля на ПГ меньше часового расхода топлива при работе дизеля на ДТ вследствие того, что ПГ имеет большую теплоту сгорания. Так, при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> часовой расход топлива при переходе на ПГ снижается с 11,8 кг/ч до 11,0 кг/ч или на 6,7%. При  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup> часовой расход топлива снижается с 21 кг/ч до 18,8 кг/ч или на 10,5%. Аналогично значение суммарного удельного расхода  $g_e$  при работе дизеля на ПГ ниже  $g_e$  работы на ДТ. Так, при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup>  $g_e$  при переходе на ПГ снижается с 209 г/(кВт·ч) до 200 г/(кВт·ч) или на 4,3%. При  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup>  $g_e$  снижа-

ется с 227 г/(кВт·ч) до 208 г/(кВт·ч) или на 8,3%. Часовой расход воздуха  $G_B$  при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> при переходе на ПГ снижается с 300 кг/ч до 228 кг/ч или на 24%, и при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup> с 591 кг/ч до 533 кг/ч или на 9,8%. Снижение происходит вследствие того, часть воздуха на впуске замещается ПГ. Подача ПГ таким же образом влияет на коэффициент наполнения  $\eta_v$  и коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  [18–27].

При переходе на ПГ при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> значение  $\eta_v$  снижается с 0,920 до 0,820 или на 10,9%, а при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup> с 0,938 до 0,909 или на 3,1%. При  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> значение  $\alpha$  снижается с 1,75 до 1,16, а при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup> с 2,00 до 1,69. При переходе на ПГ уменьшается температура ОГ. Так, при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> значение  $t_g$  снижается с 375°С до 335°С или на 10,6%, а при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup> с 430°С до 367°С или на 14,7%. Уменьшение температуры ОГ, свидетельствует об уменьшении давления и скорости в выпускном трубопроводе, что влияет на степень увеличения частоты вращения ротора турбокомпрессора. Поэтому давление наддува  $p_K$  и температура на выходе из турбокомпрессора  $t_H$  при работе дизеля на ПГ также снижаются. При  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> значение  $p_K$  снижается с 0,147 МПа до 0,130,0 МПа или на 11,6%, а при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup> с 0,178 МПа до 0,172 МПа или на 3,4%. При  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> значение  $t_H$  снижается с 84°С до 76°С или на 9,5%, а при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup> с 121°С до 119°С или на 1,7%. Значение температуры на выходе из охладителя  $t_{охл}$  при переходе на ПГ прак-

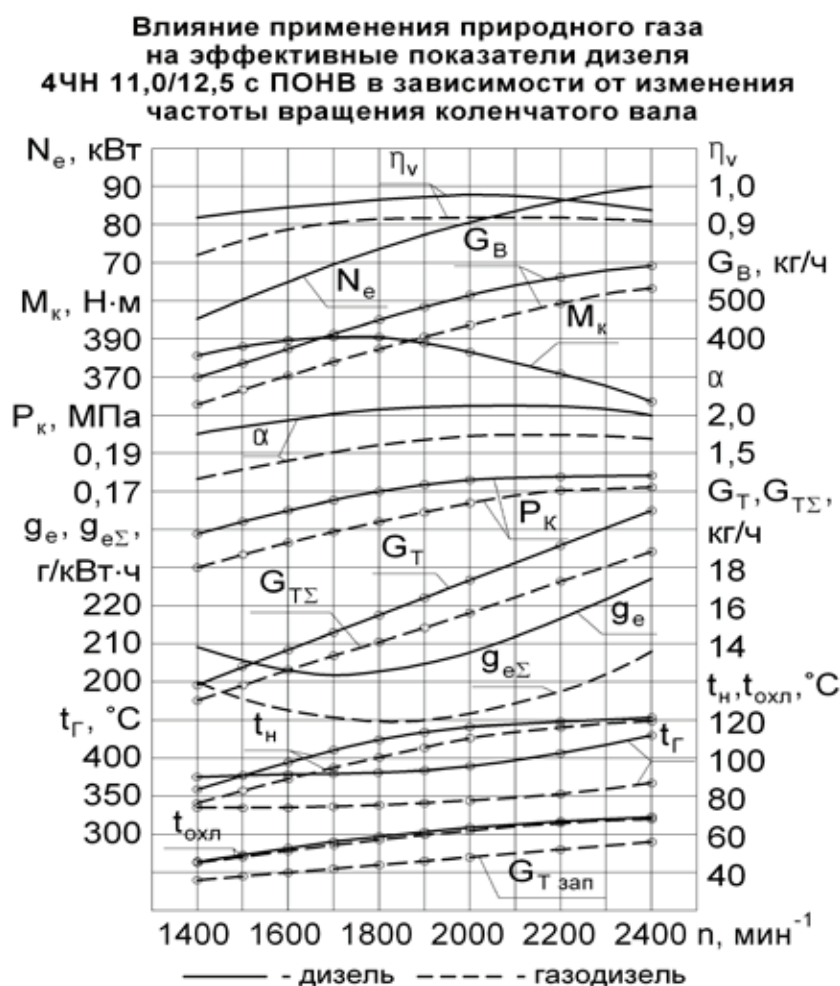


Рис. 1. Влияние применения ПГ на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала: — — — — — дизельный процесс, — — — — — газодизельный процесс

тически не изменяется, т.е. при  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$  при работе дизеля на ДТ и на ПГ значение  $t_{охл} = 45^\circ\text{C}$ , а при  $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$  при переходе на ПГ снижается с  $69^\circ\text{C}$  до  $68^\circ\text{C}$  [28–33].

Литература:

1. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 211 с.
2. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
3. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
4. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184с.
5. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
6. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.

7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
8. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
10. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
11. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
12. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
13. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
14. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
15. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
16. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
17. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
18. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
19. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
20. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
21. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
22. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
23. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
24. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
28. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
29. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
30. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.
31. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1999.
32. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.



33. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.

## Влияние применения природного газа на общую токсичность дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В данной статье рассмотрено влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала.

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, природный газ, экологические показатели.

Скоростные характеристики изменения содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ на оптимальных установочных УОВТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала представлены на рис. 1 [1–18].

Из графиков видно, что при работе дизеля на ДТ при увеличении частоты вращения коленчатого вала содержание углеводородов  $CH_x$  в ОГ уменьшается с 0,016% при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> до 0,007% при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup>. Уменьшение составляет 62,1%. При увеличении частоты вращения уменьшается содержание оксидов азота  $NO_x$  в ОГ от 750 ppm при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> до 650 ppm при

$n = 2400$  мин<sup>-1</sup>. Снижение содержания  $NO_x$  составляет 13,3%. При увеличении частоты вращения уменьшается содержание  $CO_2$  в ОГ. Так, при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> значение  $CO_2$  составляет 5,50%, а при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup> значение  $CO_2$  составляет 3,75%. Содержание  $CO$  в ОГ повышается на 31,8%. Содержание  $CO$  в ОГ повышается с 0,006% при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> до 0,029% при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup>, или 4,8 раза. Дымность ОГ с увеличением частоты вращения увеличивается. Так, при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> дымность ОГ составляет 0,8 единицы по шкале Bosch, а при частоте  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup> — 1,95 единицы по шкале Bosch, т.е. дымность повышается в 2,4 раза [19–26].

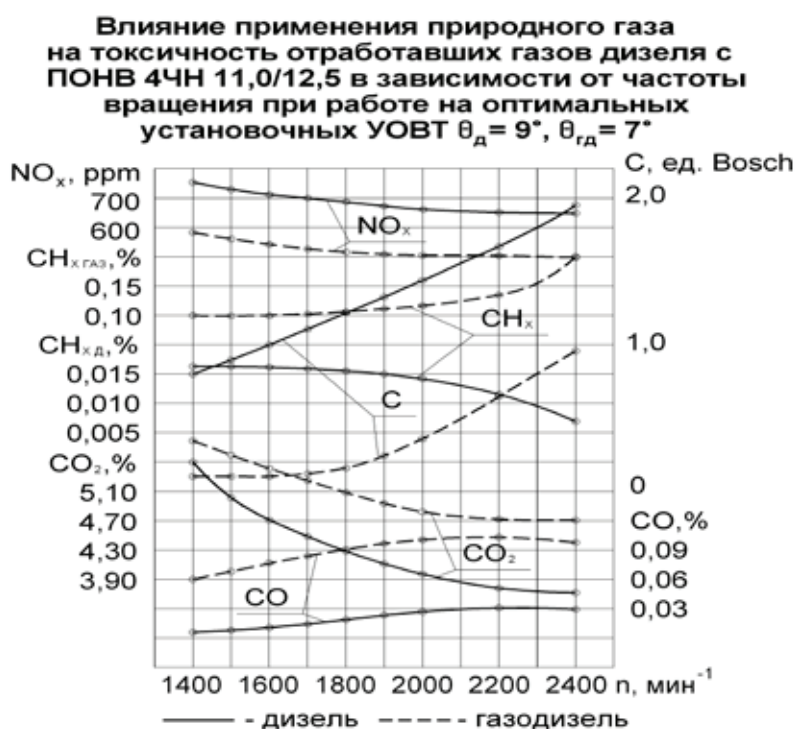


Рис. 1. Влияние применения ПГ на токсические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала: — — — — — дизельный процесс, — — — — — газодизельный процесс



Если рассматривать изменение токсических показателей при работе дизеля на ПГ можно сделать следующие выводы. При увеличении частоты вращения уменьшается содержание  $\text{NO}_x$  в ОГ от 583 ppm при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> до 499 ppm при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup>. Снижение содержания  $\text{NO}_x$  составляет 14,4%. При работе дизеля на ПГ при увеличении частоты вращения коленчатого вала содержание  $\text{CH}_x$  в ОГ повышается с 0,10% при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> до 0,20% при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup>, т.е. в 2 раза. При увеличении частоты вращения снижается содержание  $\text{CO}_2$  в ОГ. Так, при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> содержание  $\text{CO}_2$  в ОГ составляет 5,78%, а при увеличении частоты вращения до максимальной, т.е. при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup>, содержание  $\text{CO}_2$  в ОГ составляет 4,72%. Содержание  $\text{CO}_2$  снижается на 18,3%. Содержание CO в ОГ повышается с 0,060% при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> до 0,100% при  $n = 2400$  мин<sup>-1</sup>, или на 66,7%. Дымность ОГ (С) с увеличением частоты вращения увеличивается. Так, при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> дымность ОГ составляет 0,1 единицы по шкале Bosch, а при

$n = 2400$  мин<sup>-1</sup> — 0,95 единицы по шкале Bosch, т.е. повышается в 9,5 раза.

Анализируя изменение содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при переходе с ДТ на ПГ при работе дизеля на оптимальных установочных УОВТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала, можно отметить следующее. Содержание  $\text{NO}_x$  в ОГ при работе дизеля на ПГ меньше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> содержание  $\text{NO}_x$  снижается с 750 ppm при работе дизеля на ДТ до 583 ppm при работе дизеля на ПГ. Снижение составляет 22,3%.

Анализируя изменение содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при переходе с ДТ на ПГ отметим, что при работе дизеля на ПГ на всем скоростном диапазоне увеличивается содержание в ОГ дизеля оксида углерода CO, диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , в несколько раз возрастает содержание суммарных углеводородов  $\text{CH}_x$ . При этом значительно снижается содержание оксидов азота  $\text{NO}_x$ , и уменьшается дымность ОГ [27–33].

#### Литература:

1. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 211 с.
2. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
3. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
4. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184с.
5. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 156 с.
6. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
8. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
9. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
10. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
11. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
12. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
13. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.

14. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Исследование применения метанола в дизеле на оптимальных установочных углах // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 42–44.
15. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 45–47.
16. Анфилатов, А. А. Исследование токсичности на скоростном режиме дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 47–50.
17. Анфилатов, А. А. Исследование дымности в отработавших газах дизеля при работе на метаноле // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 4 (17). с. 50–53.
18. Анфилатов, А. А. Особенности экспериментальной установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 223–225.
19. Анфилатов, А. А. Результаты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 226–228.
20. Анфилатов, А. А. Особенности расчета периода задержки воспламенения при работе дизеля на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 229–231.
21. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты содержания оксидов азота в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 232–234.
22. Анфилатов, А. А. Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля с воздушным охлаждением при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 235–237.
23. Анфилатов, А. А. Изменение экономических показателей дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 238–240.
24. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
26. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
28. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
29. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
30. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Киров, 1999.
31. Лиханов, В. А. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1999.
32. Лиханов, В. А., Полевщиков А. С. Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе дизеля на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 1 (31). с. 62–65.
33. Скрыбин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2009. — 202 с.

## Анализ показателей качества кефира

Стурза Антонина Дмитриевна, студент;  
 Зубарева Евгения Константиновна, студент;  
 Боган Владимир Иванович, старший преподаватель;  
 Прохасько Любовь Савельевна, кандидат технических наук, доцент  
 Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск)

Топурия Гоча Мирианович, доктор биологических наук, профессор  
 Оренбургский государственный аграрный университет

В настоящее время проблема безопасности продуктов питания носит глобальный характер [1–17]. Безопасность пищевых продуктов является важным фактором для предупреждения заболеваний. Контроль безопасности кефира производится в соответствии с методами контроля, установленными нормативными до-

кументами на методы контроля. Содержание в кисломолочных продуктах токсичных элементов, пестицидов, радионуклидов, микроорганизмов, не должны превышать норм, установленных федеральным законодательством. На рисунке 1 представлена классификация показателей безопасности.



Рис. 1. Показатели безопасности кефира

В связи с тем, что в настоящее время существуют три документа по безопасности пищевых продуктов, необходимо провести анализ по токсикологическим показателям безопасности и микробиологическим показателям безопасности кефира между следующими нормативными документами:

1. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1078–01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов»;

2. Федеральный закон Российской Федерации от 12 июня 2008 г. № 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию»;

3. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Сравнительный анализ показателей безопасности кефира по трем нормативным документам представлен в таблицах 1–8.

Таблица 1. Уровень содержания микробиологических показателей в кефире со сроком годности не более 72 часов

Показатели безопасности	СанПиН 2.3.2.1078-01	88-ФЗ	ТР ТС 021/2011
КМАФАнМ*	–	Не менее $1 \times 10^7$ КОЕ <sup>+</sup> /см <sup>3</sup> (г)	Не менее $1 \times 10^7$ КОЕ/см <sup>3</sup> (г)
БГКП*	0,01 (г, см <sup>3</sup> )	0,01 (г, см <sup>3</sup> )	0,01 (г, см <sup>3</sup> )
Staphylococcus aureus	1,0 (г, см <sup>3</sup> )	1,0 (г, см <sup>3</sup> )	1,0 (г, см <sup>3</sup> )
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	25 (г, см <sup>3</sup> )	25 (г, см <sup>3</sup> )	25 (г, см <sup>3</sup> )
Дрожжи, плесени	–	–	–

\*КМАФАнМ — количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов;

\*КОЕ — колониеобразующие единицы; \*БГКП — бактерии группы кишечных палочек.

Таблица 2. Уровень содержания микробиологических показателей в кефире со сроком годности более 72 часов

Показатели безопасности	СанПиН 2.3.2.1078-01	88-ФЗ	ТР ТС 021/2011
КМАФАнМ	Не менее $1 \times 10^7$ КОЕ/см <sup>3</sup> (г)	Не менее $1 \times 10^7$ КОЕ/см <sup>3</sup> (г)	Не менее $1 \times 10^7$ КОЕ/см <sup>3</sup> (г)
БГКП	0,1 (г, см <sup>3</sup> )	0,01 (г, см <sup>3</sup> )	0,01 (г, см <sup>3</sup> )
Staphylococcus aureus	1,0 (г, см <sup>3</sup> )	1,0 (г, см <sup>3</sup> )	1,0 (г, см <sup>3</sup> )
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	25 (г, см <sup>3</sup> )	25 (г, см <sup>3</sup> )	25 (г, см <sup>3</sup> )
Дрожжи, плесени	–	–	–

Таблица 3. Уровень содержания токсичных элементов в кефире

Показатели безопасности	СанПиН 2.3.2.1078-01	88-ФЗ	ТР ТС 021/2011
Свинец	0,1мг/кг (л)	0,1мг/кг (л)	0,1мг/кг (л)
Мышьяк	0,05мг/кг (л)	0,05мг/кг (л)	0,05мг/кг (л)
Кадмий	0,03мг/кг (л)	0,03мг/кг (л)	0,03мг/кг (л)
Ртуть	0,005мг/кг (л)	0,005мг/кг (л)	0,005мг/кг (л)

Таблица 4. Уровень содержания радионуклидов в кефире

Показатели безопасности	СанПиН 2.3.2.1078-01	№ 88-ФЗ	ТР ТС 021/2011
Цезий-137	100 Бк/кг	100 Бк/кг	100 Бк/кг
Стронций-90	25 Бк/кг	25 Бк/кг	25 Бк/кг

Таблица 5. Уровень содержания микотоксинов и пестицидов в кефире

Показатели безопасности	СанПиН 2.3.2.1078-01	88-ФЗ	ТР ТС 021/2011
Афлатоксин М1, не более	0,0005мг/л	0,0005 мг/л	0,0005мг/л
Гексахлорциклогексан (б, в, г-изомеры)	0,05мг/л	0,05 мг/л	0,05мг/л
ДДТ и его метаболиты, не более	0,05мг/л	0,05мг/л	0,05мг/л

Таблица 6. Уровень содержания ингибирующих веществ в кефире

Показатели безопасности	СанПиН 2.3.2.1078-01	88-ФЗ	ТР ТС 021/2011
Ингибирующие вещества	Не допускаются	–	–

Таблица 7. Уровень содержания меламина и диоксина в кефире

Показатели безопасности	СанПиН 2.3.2.1078–01	88-ФЗ	ТР ТС 021/2011
Меламин	Не допускаются	–	Не допускается
Диоксин	0,000003 мг/кг	–	0,000004 мг/кг

Таблица 8. Уровень содержания антибиотиков в кефире

Показатели безопасности	СанПиН 2.3.2.1078–01	88-ФЗ	ТР ТС 021/2011
Хлорамфеникол	0,0003 мг/кг	–	Не допускаются
Тетрациклин	0,01 мг/кг	–	Не допускаются
Стрептомицин	0,2 мг/кг	–	Не допускаются
Пенициллины	0,004 мг/кг	–	Не допускаются

Проведя анализ показателей безопасности между СанПиН 2.3.2.1078, № 88-ФЗ и Техническим Регламентом Таможенного Союза о безопасности пищевой продукции, можно сделать вывод, что все пункты идентичны, кроме уровня содержания антибиотиков в кефире: в СанПиН 2.3.2.1078–01 они

указаны, а в Техническом Регламенте Таможенного Союза и в Федеральном Законе технического регламента они отсутствуют. Также ингибирующие вещества указаны только в СанПиН 2.3.2.1078–01, а в федеральном законе технического регламента не указаны диоксин и меламин.

#### Литература:

1. Асенова, Б.К. Контроль качества молока и молочных продуктов: учебное пособие / Б.К. Асенова, М.Б. Ребезов, Г.М. Топурия и др. — Алматы, 2013. — 212 с.
2. Ребезов, М.Б. От лучшего управления — к лучшему качеству. Система менеджмента качества на основе международных стандартов ИСО серии 9000: учебное пособие. / М.Б. Ребезов, Н.Н. Максимюк, Е.С. Вайскрובה. — Магнитогорск: МаГУ, 2007. — 132 с.
3. Ребезов, М.Б. Оценка методов исследования ксенобиотиков: монография / М.Б. Ребезов, А.М. Чупракова, О.В. Зинина и др. — Уральск, 2015. — 204 с.
4. Ребезов, М.Б. Интегрированная система менеджмента качества предприятия / М.Б. Ребезов, Р.В. Залилов // Качество продукции, технологий и образования: сборник трудов научно-практической конференции — Магнитогорск, 2007. — с. 9–12.
5. Ребезов, М.Б. Качество и безопасность молочного сырья / М.Б. Ребезов, Г.К. Альхамова, Н.Н. Максимюк, Б.Н. Талей // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: мат. IV междунар. научн. — практ. конф. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2010. — С. 278–281.
6. Кондратьева, А.В. Управление качеством на молокоперерабатывающих предприятиях / А.В. Кондратьева, М.Б. Ребезов, А.Н. Мазаев, О.В. Богатова // Молодой ученый. — 2014. — № 11. — с. 55–59.
7. Ребезов, М.Б. Методы исследования свойств сырья и молочных продуктов: учебное пособие / М.Б. Ребезов, Е.П. Мирошникова, Г.К. Альхамова и др. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2011. — 58 с.
8. Ребезов, М.Б. Развитие научных основ производства безопасных национальных функциональных продуктов: монография / М.Б. Ребезов, Г.К. Альхамова, А.Н. Нургазезова. — Алматы: МАП, 2015. — 160 с.
9. Ребезов, М.Б. Микробиология молока и молочных продуктов: учебное пособие / М.Б. Ребезов, Е.П. Мирошникова, Г.К. Альхамова и др. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2011. — 107 с.
10. Прохасько, Л.С. Современные проблемы науки и техники в пищевой промышленности: учебное пособие / Л.С. Прохасько, М.Б. Ребезов, Г.Н. Нурымхан. — Алматы: МАП, 2015. — 112 с.
11. Ребезов, М.Б. Основы законодательства и стандартизации в пищевой промышленности: учебное пособие / М.Б. Ребезов, Н.Б. Губер, К.С. Касымов. — Алматы: МАП, 2015. — 208 с.
12. Канарейкина, С.Г. Методологические основы разработки новых видов молочных продуктов: учебное пособие / С.Г. Канарейкина, М.Б. Ребезов, А.Н. Нургазезова, С.К. Касымов. — Алматы: МАП, 2015. — 126 с.
13. Бурцева, Т.И. Развитие технологий функциональных и специализированных продуктов питания животного происхождения: учебное пособие / Т.И. Бурцева, М.Б. Ребезов, Б.К. Асенова, С.В. Стадникова. — Алматы: МАП, 2015. — 215 с.
14. Канарейкина, С.Г. Технология цельномолочных и пробиотических продуктов: учебное пособие / С.Г. Канарейкина, М.Б. Ребезов, Л.А. Ибатуллина, Б.М. Кулуштаева. — Алматы: МАП, 2015. — 99 с.



## Исследование влияния нетканых материалов на теплозащитные показатели спецодежды

Таласпаева Асем Аугангалиевна, PhD докторант;  
Жилисбаева Раушан Оразовна, доктор технических наук, профессор  
Алматинский технологический университет (Казахстан)

*В статье разработаны и исследованы различные сочетания слоев нетканых материалов с учетом массы и толщины, создающие защитный барьер от теплового потока.*

**Ключевые слова:** спецодежда, пакет материалов, тепловой барьер.

Широкое развитие в мире получило производство нетканых материалов на основе различных технологий. В настоящее время выпускается большой ассортимент нетканых материалов с широким спектром свойств для различных областей применения, в том числе и для защиты от внешних тепловых воздействий окружающей среды, как тела человека, так и различных аппаратов и жилища. Современные технологии изготовления нетканых текстильных материалов дают возможность создавать новые материалы с заранее определенными свойствами. Материалы, используемые при изготовлении одежды, должны иметь высокие теплоизоляционные качества, которые зависят не только от состава, технологии изготовления и структуры материалов.

Для выработки нетканых материалов применяют комплексные нити и пряжу, полученную различными способами. [1]

До недавнего времени в Республике Казахстан, как правило, использовались лишь крайне необходимые и самые примитивные материалы и методы защиты.

В частности, в производстве защитной одежды развитие происходило в основном по пути использования дешевых тканей из натуральных волокон, защитные эффекты которых определялись толщиной ткани, ее весом и пропиткой. При этом в мире уже давно получили признание новые синтетические и искусственные защитные материалы с повышенными факторами защиты, улучшенными технологическими и потребительскими свойствами. [2]

В качестве сырья для получения новых нетканых материалов предлагаются использовать мета-арамидные и шерстяные волокна. Образцы были выполнены механическим методом: иглопробивным и валяльным способами.

На основе проведенных исследований разработаны новые нетканые полотна, образующие тепловой барьер в пакете материалов за счет различных сочетаний слоев. Теплобарьерные слои выполнены из 100% шерсти (Ш), из 100% мета-арамидных волокон (М), и из 50% мета-арамидных и 50% шерстяных волокон (ШМ). В таблице 1 приведены примеры полученных опытных образцов различных слоев:

Таблица 1. Характеристика образцов

Условное обозначение	Виды образцов	Толщина, (мм)	Поверхностная плотность, (г/м <sup>2</sup> )
Ш1	шерсть	0,8	137
Ш2	Шерсть	0,8	188
Ш3	Шерсть	1,1	92
Ш4	Шерсть	1,3	119
М1	мета-арамид	1,0	121
М2	мета-арамид	1,5	88
М3	мета-арамид	0,7	100
М4	мета-арамид	1,3	87
ШМ1	Шерсть + м-арамид	1,0	160
ШМ2	Шерсть + м-арамид	1,1	110
ШМ3	Шерсть + м-арамид	1,6	280
ШМ4	Шерсть + м-арамид	2,0	136
ШМ5	Шерсть + м-арамид	0,5	88
ШМ6	Шерсть + м-арамид	2,2	320
ШМ7	Шерсть + м-арамид	4,5	380

Для получения многослойного теплоизоляционного материала, спроектированы слои в различных сочетаниях

Таблица 2. Сочетания слоев нетканых материалов

№	Образцы	Толщина, (мм)	Поверхностная плотность, (г/м <sup>2</sup> )
1	М3/ШМ1/М3/ШМ5	2,9	348
2	М1/ШМ2	2,1	231
3	М2/ШМ5/М3/ШМ5	3,1	364
4	М2/ШМ1/Ш2	3,7	436
5	М4/ШМ4	3,3	223
6	ШМ1/М3/Ш1	2,6	397
7	ШМ3	1,6	280
8	М2/Ш4	2,8	207
9	М3/Ш1/М3	2,0	337
10	М3/Ш3/М3	2,5	292
11	ШМ6	2,2	320
12	ШМ7	4,5	380
13	М3/Ш/М3/Ш1	3,0	474

Экспериментальные исследования на устойчивость к воздействию теплового потока пакетов материалов, были выполнены в лабораториях по испытанию текстильных материалов и спецодежды центра СИЗ на базе

Донкукского университета (Южная Корея) и испытательной лаборатории МЧС РК согласно ГОСТу СТ РК 1495–2006., ИСО 6942–2007. [3], [4]

На рисунке 1,2 представлены приборы



Рис. 1. Прибор для определения устойчивости к воздействию теплового потока, пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения

Для проведения оценки пакетов материалов подвергаемых воздействию источника теплового излучения при плотности падающего теплового потока  $q = 40 \text{ кВт/м}^2$ , с индексом передачи теплового излучения  $HTi_{12-24}$  с за-

траченным временем на подъем температуры, были подготовлены пакеты материалов состоящих из огнестойкого материала ТТС-2 (материал верха) и теплоизоляционной подстежки (нетканые материалы, бязь).

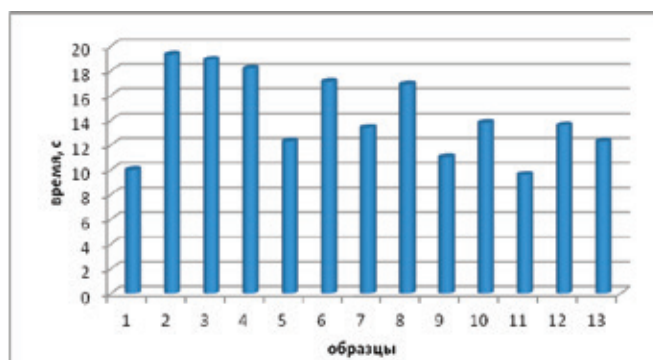


Рис. 1. Анализ исследуемых пакетов материалов при HTi<sub>12</sub>

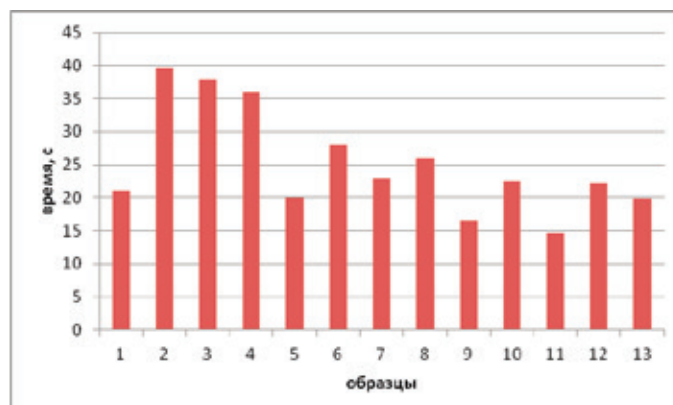


Рис. 2. Анализ исследуемых пакетов материалов при  $HTi_{24}$

Анализируя результаты испытаний из полученных данных выявлено, что наиболее устойчивыми к воздействию теплового потока при затраченном времени на

подъем температуры  $HTi_{12-24}$  являются следующие образцы: образец 2 при  $t=39,6$ сек.; образец 3 при  $t=38$ сек., образец 4 при  $t=36$ сек.

Литература:

1. Kee Jong Yoon, Kyoung A Hong,. Статья «Effect of Spacer in Multi Layer Thermal Barrier of Firefighting Clothing on Thermal Property and Comfort» Textile Science and Engineering, № 6, 2010, стр 420
2. Перепелкина, М. Д., Щербакова М. Н., Золотницкая К. Н., Механическая технология производства нетканых материалов. Учебное пособие., М., Легкая индустрия, 1973.стр36
3. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН 1495–2006г стр 8
4. ГОСТ Р ИСО 6942–2007, Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения

## Вопросно-ответная система, основанная на семантическом вероятностном выводе

Тойтеев Олжас Канатович, магистрант

Международный университет информационных технологий (г. Алматы, Казахстан)

*Данная статья содержит описание методов извлечения ответов на простые вопросы и процесс логического вывода, который содержит действительность и контекстный охват ответа на вопросы со сложной структурой, путем доступа к богатой семантической структуре текста. Обработка сложных вопросов включает в себя выявление нескольких форм комплексных семантических структур. Извлечение ответа осуществляется путем распознавания взаимосвязей нескольких событий и синтезируя предложения и тексты, используя априорные знания.*

**Ключевые слова:** извлечение ответов, логический вывод, семантическая структура.

**В**ведение. Современные вопросно-ответные системы извлекают ответы из больших текстов путем (1) классификации вопросов по типу ожидаемых ответов; (2) с помощью ключевых слов или шаблонов на вопросы для выявления релевантного отрывка текста и (3) ранжирование вариантов ответов для выявления куска текста, содержащего ответ. Некоторые системы основаны на логике предикатов первого порядка. Такой метод ограничивается предположением, что ответ может быть найден, потому что он в нем используются слова из вопроса. Во многих

случаях это работает, но данное предположение не распространяется на большинство случаев, когда информативный ответ отсутствует из-за того, что его выявление требует более сложной семантической обработки, чем извлечение именованных сущностей и определение типа ожидаемого ответа. Поэтому доступ к богатым семантическим структурам, полученных из вопросов и ответов позволит извлекать более точные ответы, а также более точный процесс вывода, который содержит действительность и контекстный охват ответа.

Существует несколько этапов семантической обработки. Первым этапом включает в себя семантические парсеры или идентификаторы структур предикатных аргументов. Обработка сложных вопросов состоит из следующих шагов:

- синтаксическая обработка вопроса и сбор текстов
- выявление именованных сущностей
- выявления структур предикат-аргумент
- определение типа ответа, это скорее не простая структура, а сложная концептуальная структура
- определение ключевых слов, для поиска релевантного отрывка текста

Обработка документа осуществляется индексированием и извлечением трех форм семантической информации:

- классы именованных сущностей
- структуры предикат-аргумент
- онтологии возможных типов ответов

Кроме того, чем сложнее смысловая структура текста, распознанная ответом на вопрос, тем жестче осуществляется индексация и извлечение информации, учитывая концептуальные схемы и тематические модели, так как для ответа, возможно, потребуется слияние информации с различных источников.

### Обработка вопроса используя различные семантические ресурсы

Учитывая размер сегодняшних хранилищ документов, можно ожидать, что информация на любую сложную тему будет найдена и рассмотрена с различных точек зрения. Это осуществляется путем различных техник разложения вопроса, которые генерируют набор из нескольких вопросов для того, чтобы покрыть все возможные интерпретации сложной темы. Тем не менее, набор разложившихся вопросов может в конечном итоге привести к потенциально противоречивым наборам ответов. Для того, чтобы вопросно-ответные системы могли использовать этот набор ответов с пользой, слияние должно быть выполнено для того, чтобы определить единственный, уникальный, и адекватный ответ.

Рассмотрим синтезирование ответов пошагово. Сначала, формируется шаблон ответа на основе структуры предикат-аргумент. Затем обучается вероятностная модель для обнаружения связей между извлеченными шаблонами. Последним шагом является построение объединенного ответа используя операторы для слияния набора шаблонов. Архитектура синтеза ответов показана на рисунке 1. На рисунке 2, продемонстрирован пример.

*Вопрос 1: Когда был утвержден первый президент Франции?*  
*Вопрос 2: Из какой страны Россия импортирует мясо?*  
*Вопрос 3: Что способствовало программе Казахстан 2050?*

В вопросе 1, ключевое слово «когда» означает, что тип ответа является временным блоком, что в конечном итоге выражается в виде даты. Чтобы найти ответ, важно опознание слова «Франции» и других именованных сущностей. Определение именованных сущностей также является ключевым во втором вопросе, так как не только «России» должно быть распознано как страна, но и другие названия стран нужно опреде-

лить для ответа на вопрос. Для обработки второго вопроса, потребуется дополнительная семантическая информация в виде структуры предикат-аргумент, которая определит ответ гораздо лучше, вместо того, чтобы искать все страны которые экспортируют мясо или страны у которых Россия импортирует продукты питания. Это возможно путем трансформации вопроса 2 в следующую структуру.

*Предикат: импорт*  
*Арг 0: (роль = импортер): Россия*  
*Арг 1: (роль = товар): мясо*  
*Арг 2: (роль = экспортер): ОТВЕТ*

Рис. 1. Структура предикат-аргумент на вопрос 2

Предикат-аргумент структура также необходима для обработки вопроса 3, так как вопрос является довольно размытым. Ключевое слово «что» и именованная сущ-

ность «Казахстан» может относиться к широкому диапазону событий и сущностей.

*Предикат: способствовать*  
*Арг 0: (роль = агент): ОТВЕТ (часть 1)*  
*Арг 1: (роль = событие): Казахстан 2050*  
*Арг 2: (роль = инструмент): ОТВЕТ (часть 2)*

Рис. 2. Структура предикат-аргумент на вопрос 3

Структура предикат-аргумент показанная на рисунке 2 показывает, что ответ может содержать роли “агент” или даже роль “инструмент”.

<p><i>Вопрос 4: Как можно обнаружить применение биологического оружия?</i></p> <p>Ответ: Применение противником биологического оружия может быть обнаружено по следующим видимым внешним признакам: образование аэрозольного облака после взрыва боеприпасов или при срабатывании генераторов; обнаружение остатков специальных контейнеров, боеприпасов и других видов вооружения; наличие большого количества насекомых, клещей, грызунов, неизвестных для данной местности, и т.п.</p>
---

Рис. 3. Сложный вопрос и ответ на него взят с Википедии

Для ответа на вопрос 4 недостаточно ключевого слова “как”, чтобы определить шаги обнаружения, и даже использование структуры предикат-аргумент (рисунок

4) нам не поможет. В данном случае потребуется более сложная семантическая обработка: тематическое моделирование.

<p><i>Вопрос 4: Как можно обнаружить применение биологического оружия?</i></p> <p>Шаблон вопроса: Как обнаружить X?</p> <p>Структура предикат-аргумент Предикат: обнаружить Арг 0: (роль = обнаружитель): ОТВЕТ Арг 1: (роль = обнаружено): оружие Арг 2: (роль = инструмент): ОТВЕТ</p> <p>Тематическое моделирование Простые связи (Typical connections): Оружие ← Разработка Возможные пути действия (paths of action): Разработка → выпуск → доставка</p>
---

Рис. 4. Обработка вопроса 4 различными способами

**Нахождение ответа, основанное на семантической обработке**

В базовой архитектуре для нахождения ответа используется тип ожидаемого ответа или структура предикат-аргумент. Ответы на вопросы со сложной структурой, найдены путем заполнения их семантической информацией, взятой из коллекций текстов. Ответ на вопрос 4 извлечен следующим путем: (1) найден текст содержащий ответ (2) семантическая структура ответа извлечена из текста (3) заполняются указатели, ссылающиеся на пустые места

в семантической структуре ответа и источником текста. Такие указатели могут быть дополнены пошаговыми действиями дедуктивного процесса.

В данной статье описано, что на текущий момент был достигнут значительный прогресс в анализе естественного языка, но до сих пор существует множество проблем с предоставлением знаний и оперированием ими для передовых вопросно-ответных систем. Показан метод обработки сложных вопросов, которые включает в себя идентификацию нескольких форм комплексных смысловых структур и применяя мощную семантическую грамматику.

Литература:

1. Sanda Harabagiu, Dan Moldovan, Christine Clark, Mitchell Bowden, John Williams and Jeremy Bensley. Answer Mining by Combining Extraction Techniques with Abductive Reasoning, 2003
2. Dragomir, R. Radev and Kathleen McKeown. Generating natural languages summaries from multiple online sources, 1998



## Исследование свойств геополимерного вяжущего на основе гранита в зависимости от содержания шлака и активатора твердения

Уразова Алина Андреевна, студент;

Ерошкина Надежда Александровна, кандидат технических наук, инженер-исследователь;

Коровкин Марк Олимпиевич, кандидат технических наук, доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В работе приведены результаты исследования геополимерного вяжущего, приготовленного на основе измельченных гранита и шлака. Показано, что при исследованных дозировках щелочного активатора может быть получено вяжущее с прочностью 60–70 МПа при расходе шлака 10%.

**Ключевые слова:** геополимерное вяжущее, гранит, шлак, активатор твердения, прочность, водопоглощение, водостойкость.

Полевошпатовые горные породы являются перспективным сырьем для производства геополимерных вяжущих [1, 2]. Как было показано в работах Дж. Давидовича и его последователей, после измельчения этих пород они способны образовывать геополимерные структуры при воздействии щелочных активаторов [1–3]. Это обусловлено, прежде всего, высоким содержанием в химической структуре полевошпатовых минералов атомов калия и натрия.

Исследованиями [4, 5] установлено, что в качестве сырья для получения геополимерного вяжущего может использоваться горная порода, содержащая достаточное количество полевого шпата — гранит. В продолжение этих исследований в настоящей работе изучалось влияние концентрации щелочного активатора на реологические и прочностные свойства геополимерного вяжущего, а также на водостойкость и водопоглощение при длительном выдерживании образцов в воде.

### Методы и материалы

Вяжущее было изготовлено на основе смеси гранита Павловского месторождения (Воронежская область) и доменного шлака Новолипецкого металлургического комбината, измельченных до  $S_{уд} = 350$  м<sup>2</sup>/кг. Дозировка шлака составляла 25% и 10% от массы вяжущего [5]. В качестве активатора твердения исследовались щелочные добавки А1 — гидроксид натрия и А2 — натриевое жидкое стекло, которые растворялись в воде затво-

рения. Соотношение воды затворения с растворенными добавками и вяжущего во всех составах составляло 0,32.

Консистенция смеси, приготовленной из вяжущего, активатора и воды характеризовалась ее расплывом (РЦ, мм) на горизонтальной поверхности из цилиндрического вискозиметра высотой 20 мм и диаметром 16 мм.

Для определения прочности (Rсж), плотности ( $\rho$ ), водостойкости по коэффициенту размягчения (Kр) и водопоглощения (W) были изготовлены образцы-кубики размером 20 мм. Смеси уплотнялись в формах на стандартной лабораторной виброплощадке. Все составы в течение первых трех суток твердели в формах, а затем подвергались тепловой обработке или хранились в нормально-влажностных условиях в течение 70 суток. Тепловлажностная обработка проводилась при температуре 60 и 80 °С.

### Результаты и обсуждение результатов

Результаты определения свойств вяжущего представлены в таблице и на рис. 1–6.

Наибольшей подвижностью, что можно видеть на рис. 1 обладали смеси, содержащие 19% шлака, 11,4% жидкого стекла и от 3–4,5% гидроксида натрия.

Из графиков на рис. 2 и рис. 3 и данных в таблице можно сделать вывод, что прочность вяжущего возрастает с увеличением содержания жидкого стекла, шлака и с ростом температуры. Наибольшая прочность вяжущих, содержащих в составе 7,5% шлака, даже после тепловой обработки при 80 °С не превышает 30 МПа.

Таблица 1. Состав и свойства вяжущих при 7,5% содержании в смеси шлака

№ п/п	Состав смеси			РЦ, мм	Тепловая обработка при 60 °С		Тепловая обработка при 80 °С	
	натриевое стекло (А2), %	Вода, %	гидроксид натрия (А1), %		плотность, г/см <sup>3</sup>	прочность, МПа	плотность, г/см <sup>3</sup>	прочность, МПа
10	15,2	7,6	1,5	19,2	1,92	18,3	1,87	30
11	11,4	11,4		28,3	1,91	14,9	1,82	25,8
12	7,6	15,2		30,7	1,95	15	1,77	17

13	15,2	6,1	3	18	1,86	16,7	1,91	33
14	11,4	9,8		23	2,03	11,1	1,91	22,5
15	7,6	13,6		30,5	1,99	13,8	1,88	20,5
16	15,2	4,5	4,5	17	2,03	17,1	1,98	27,8
17	11,4	8,3		19	1,95	17	1,97	22,5
18	7,6	12,1		21	2,15	10,2	1,85	18

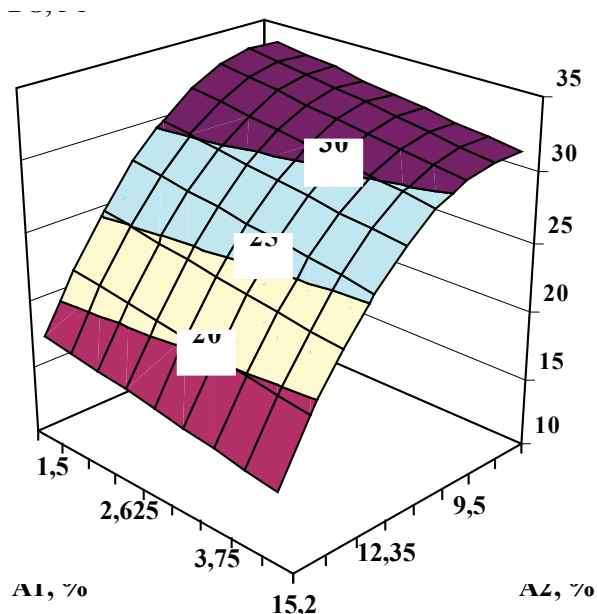


Рис. 1. Распływ смеси при содержании в вяжущем 19% шлага

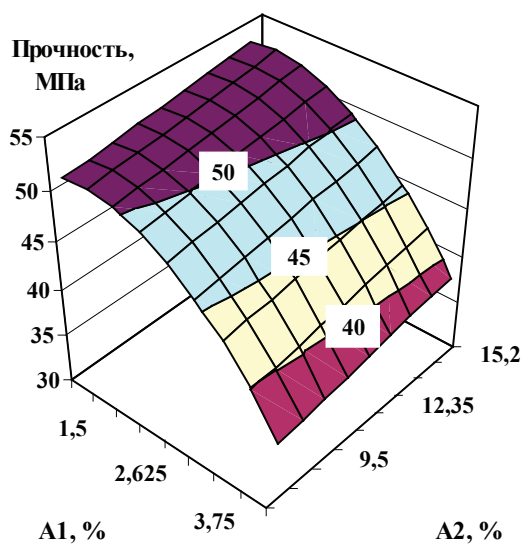


Рис. 2. Прочность после ТВ0 при  $t_{ис} = 60^{\circ}C$  и содержании в вяжущем 19% шлага

За счет увеличения доли шлага до 19% после выдержки образцов при  $60^{\circ}C$  их прочность после тепловлажностной обработки возрастает в 2,7–3,4 раза и составляет 30–47 МПа (рис.2). Наибольшей прочностью

при минимальном содержании щелочного активатора обладали вяжущие, содержащие в своем составе 15,2% жидкого стекла. При увеличении общего количества щелочного компонента прочность снижается на 16–39%.

Увеличение температуры твердения до 80°C (рис.3) способствовало росту прочности у вяжущих, содержащих 15,2% жидкого стекла на 8,5–51%, при 11,4% активатора — на 10–43% и при 7,6% — на 17–58%. При 80°C максимальная прочность 71 МПа отмечена у вяжущего, содержащего 15,2% жидкого стекла и 3% щелочи. При 1,5%-й дозировке щелочи и 7,6–11,4% жидкого стекла прочность вяжущего составляет около 60 МПа.

На рис.4. представлены результаты испытания прочности образцов, твердевших в течение 28 суток в нормально-влажностных условиях. Результаты показывают, что более высокий темп набора прочности характерен для вяжущих, содержащих небольшое количество щелочи. Оптимальной дозировкой щелочного компонента с позиции экономии дорогостоящего щелочного активатора

обладает состав, содержащий 7,6% жидкого стекла А2 и 1,5% гидроксида натрия. Прочность такого вяжущего составляет 69 МПа.

От количества щелочного активатора, содержания шлака и температуры твердения зависит и плотность материала. Из таблицы и рис.5 видно, что чем меньше в вяжущем содержится шлака, щелочного компонента и чем выше температура его твердения, тем меньше плотность вяжущего.

Самой высокой плотностью — свыше 2000 кг/м<sup>3</sup> обладает вяжущее, содержащее 19% шлака при 15,2%-ном содержании жидкого стекла и 1,5% содержании активатора гидроксида натрия (рис.5). При наименьшем количестве активатора плотность вяжущего составляет около 1900 кг/м<sup>3</sup>.

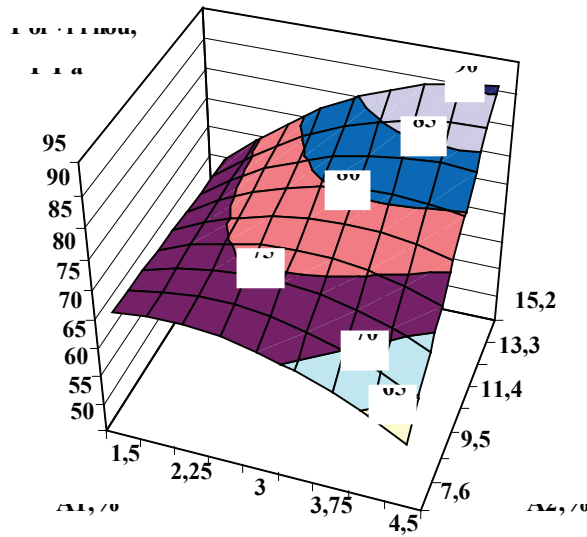


Рис. 3. Прочность после тепловлажностной обработки при  $t_{из} = 80^\circ\text{C}$  и содержании в вяжущем 19% шлака

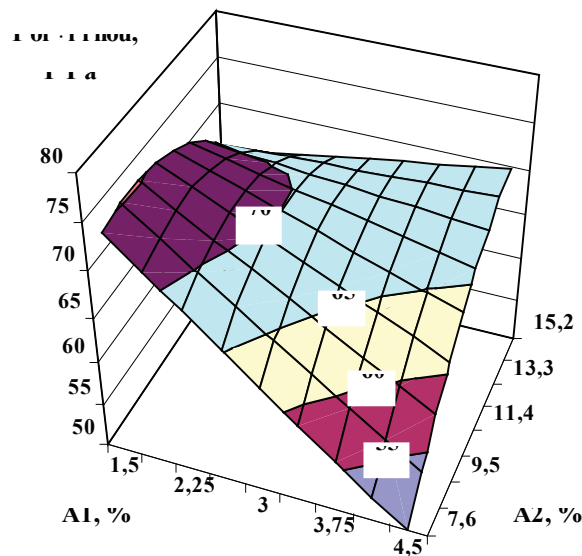


Рис. 4. Прочность через 28 суток нормально-влажностного твердения и содержании в вяжущем 19% шлака

Результаты определения длительной водостойкости и водопоглощения, приведенные на рис. 6 показывают, что вяжущее является гидравлическим и продолжает

твердеть в воде. В зависимости от количества активатора коэффициент размягчения вяжущего  $K_p$  через 60 суток составляет от 1–1,74 при водопоглощении от 8,2–11,2%.

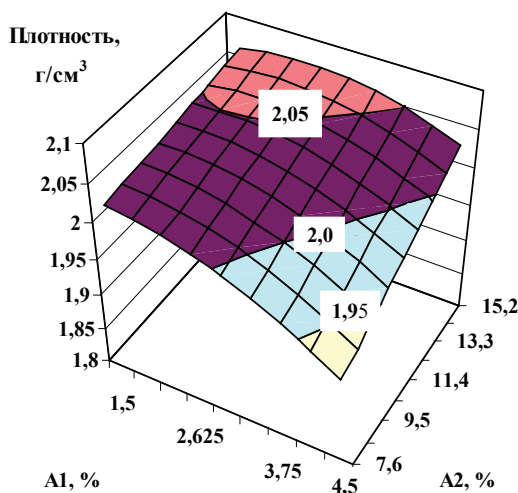


Рис. 5. Средняя плотность вяжущего при 19% содержании в смеси шлака

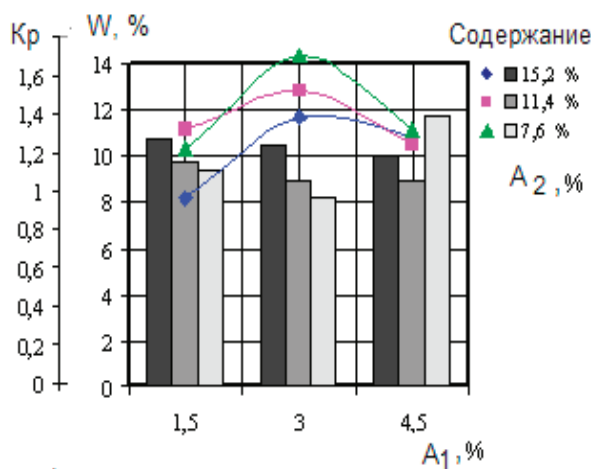


Рис. 6. Коэффициент размягчения ( $K_p$ ) и водопоглощение ( $W$ ) вяжущего при 19% шлака

### Выводы

Для получения геополимерного вяжущего на основе гранита прочностью 60 МПа после тепловой обработки

и 70 МПа при твердении в нормально-влажностных условиях достаточно будет использовать в качестве активатора твердения 7,6% жидкого стекла совместно с 1,5% гидроксида натрия. Полученное вяжущее обладает хорошей удобоукладываемостью.

### Литература:

1. Davidovits, J. Geopolymer chemistry and applications. Saint-Quentin, France, Geopolymer Institute, 2011. — 632 p.
2. Barbosa, V. F.F. Synthesis and characterisation of materials based on inorganic polymers of alumina and silica: sodium polysialate polymers / V. F.F. Barbosa, K. J. D. MacKenzie, C. Thaumaturgo // International Journal of Inorganic Materials. — 2000. — Vol. 2, Iss. 4. — P. 309–317.
3. Mackenzi, K. J. D. Geopolymer (aluminosilicate) composites: synthesis, properties and applications / K. J. D. Mackenzi, M. Welter // Advances in Ceramic Matrix Composites. — 2014. — P. 445–470.

4. Ерошкина, Н. А. Геополимерные вяжущие на базе магматических горных пород и бетоны на их основе / Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин // Цемент и его применение. — 2014. — № 4. — с. 107–113.
5. Ерошкина, Н. А. Геополимерные строительные материалы на основе промышленных отходов: монография / Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин. Пенза: ПГУАС, 2014. — 128 с.

## Квалификация функционирования холодильника ХФ-250

Хотиенко Ирина Николаевна, студент;

Боган Владимир Иванович, старший преподаватель;

Прохасько Любовь Савельевна, кандидат технических наук, доцент

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск)

Залилов Рустем Венирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель

Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова (Челябинская обл.)

Под метрологическим обеспечением понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Качество измерений понятие более широкое, чем точность измерений. Оно характеризует совокупность свойств системы измерения, обеспечивающих получение в установленный срок результатов измерений с требуемыми точностью, достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью. Понятие «метрологическое обеспечение» применяется, как правило, по отношению к измерениям (испытанию, контролю) в целом. В то же время допускают использование термина «метрологическое обеспечение технологического процесса (производства, организации)», подразумевая при этом метрологического обеспечения измерений (испытаний или контроля) в данном процессе, производстве, организации. Объектом метрологического обеспечения являются все стадии жизненного цикла изделия (продукции) или услуги. Под жизненным циклом понимается совокупность последовательных взаимосвязанных процессов создания и изменения состояния продукции от формулирования исходных требований к ней до окончания эксплуатации или потребления [1].

Холодильник фармацевтический предназначен для создания и поддержания внутри рабочей камеры температуры от 2 до 14°C. Холодильник фармацевтический предназначен для эксплуатации в помещениях при температуре окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 35°C, и с относительной влажностью до 75%. Температурный режим в холодильнике фармацевтическом задается и регулируется с помощью контроллера «EVC-221». Холодильник фармацевтический имеет плотно закрывающиеся двери. Герметизация дверного проёма холодильника фармацевтического осуществляется эластичным уплотнителем с магнитной вставкой. Холодильник фармацевтический заправлен озонобезопасным хладагентом R22/142b. Для теплоизоляции холодильника фармацевтического применяется полиуретан. Для более равномерного охлаждения

в холодильной камере применяется вентилятор специального исполнения с влагозащищённым двигателем.

На этапе *квалификация функционирования* — OQ/RQ — *квалификация эксплуатации* осуществляется проведение необходимых испытаний подтверждающих, что холодильник фармацевтический «ХФ-250» функционирует в соответствии с технической документацией в пределах возможных рабочих диапазонов и соответствует своему назначению.

Для подтверждения соответствия холодильника фармацевтического своему назначению (создание условий для хранения эталонных штаммов и рабочих культур микроорганизмов с нормативной документацией) нами определен режим охлаждения, при котором значения температуры в контролируемых точках холодильной камеры находятся в пределах допуска на заданный показатель (4÷8)°C.

На рисунке 1 показаны расположение четырех регистраторов температур из комплекса измерительного «Термохрон ревизор» в центр каждой полки холодильника.

Нами проведено определение среднего значения температуры в объёме рабочей камеры холодильника по данным измерительного комплекса «Термохрон ревизор» — табло холодильника. На рисунке 2 представлены графики замеров температур регистратором и табло холодильника (на каждой полке холодильника в заданном диапазоне температур от 4°C до 6°C).

На основании графиков замеров температур на каждой полке холодильника. Можно сделать заключение, что температура в рабочей камере холодильника не выходит за пределы технических характеристик, указанных в руководстве по эксплуатации производителя. Проверенные функции холодильника соответствуют критериям приемлемости.

*Рекомендации.* Для контроля работы холодильника в процессе эксплуатации применять термометр технический жидкостный типа ТТЖ, установленный на 1 (нижней) полке, т.к. в результате испытаний в данной точке зарегистрирована максимальное значение температуры в рабочей камере холодильника (6,0)°C.



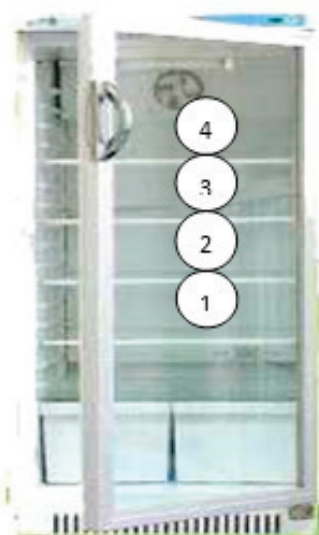


Рис. 1. Схема расположения регистраторов в холодильнике

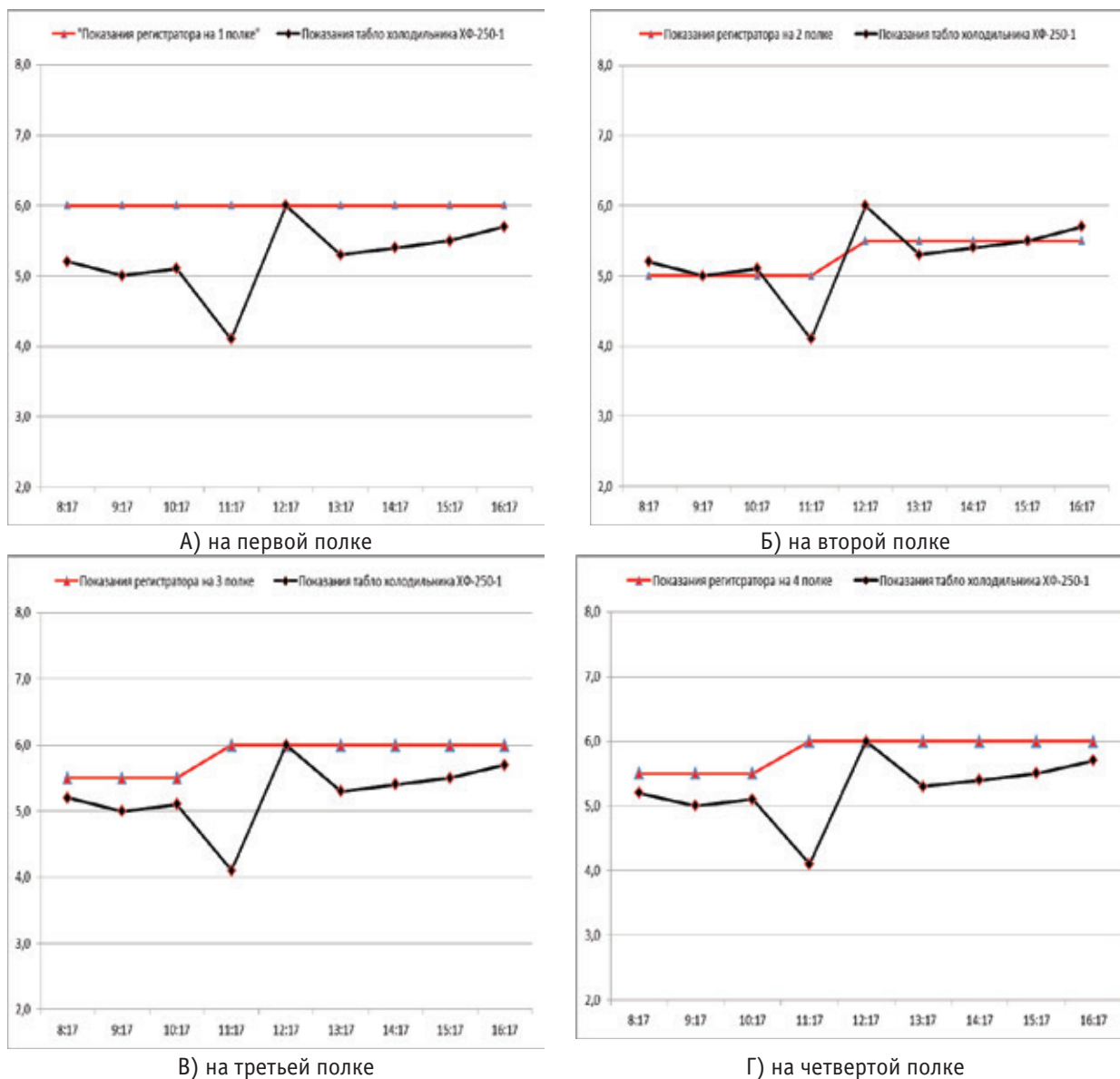


Рис. 2. График температуры на полках

Литература:

1. Ребезов, М. Б. Обеспечение качества испытаний / М. Б. Ребезов, С. И. Лукьянов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. — Вып. 4. — Магнитогорск, 2006. — с. 115–117.
2. Ребезов, М. Б. Оценка методов исследования ксенобиотиков: монография / А. М. Чупракова, О. В. Зинина, Н. Н. Максимюк, А. Б. Абуова. — Уральск, 2015. — 204 с.
3. Прохасько, Л. С. Современные проблемы науки и техники в пищевой промышленности: учебное пособие / Л. С. Прохасько, М. Б. Ребезов, Г. Н. Нурымхан. — Алматы: МАП, 2015. — 112 с.
4. Ребезов, М. Б. Основы законодательства и стандартизации в пищевой промышленности: учебное пособие / М. Б. Ребезов, Н. Б. Губер, К. С. Касымов. — Алматы: МАП, 2015. — 208 с.
5. Ребезов, М. Б. Интегрированные системы менеджмента качества на предприятиях пищевой промышленности: монография / М. Б. Ребезов, Н. Н. Максимюк, О. В. Богатова, Н. Г. Курамшина, Е. С. Вайскрובה. — Магнитогорск: МаГУ, 2009. — 357 с.
6. Ребезов, М. Б. От лучшего управления — к лучшему качеству. Система менеджмента качества на основе международных стандартов ИСО серии 9000: учебное пособие / М. Б. Ребезов, Н. Н. Максимюк, Е. С. Вайскрובה. — Магнитогорск: МаГУ, 2007. — 132 с.

## Исследование показателей рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от значений установочных углов опережения впрыскивания топлива

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В Вятской государственной сельскохозяйственной академии на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ индикаторных диаграмм дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на дизельном топливе и на метаноле с двойной системой топливоподачи. Аргументирован выбор оптимальных установочных углов подачи топлив.*

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, метанол, двойная система топливоподачи.

Из-за низкой способности метанола к самовоспламенению необходимо инициировать его воспламенение с помощью запальной порции дизельного топлива (ДТ). Отличительной особенностью наших исследований явилось применение многоструйного распылителя для подачи запальной порции ДТ [3,4]. По результатам проведенных нами теоретических расчетов на Ногинском заводе топливной аппаратуры (НЗТА) были изготовлены распылители с измененной геометрией углов распыливания и различными диаметрами сопловых отверстий. Измененная геометрия сопловых отверстий распылителя необходима для того, чтобы метанол впрыскивался в горящий факел ДТ. Графическое изображение пересечения факелов запальной порции ДТ и метанола в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 представлено на рисунке 1 [5,6].

В соответствии с целью, задачами и методикой исследований были проведены стендовые испытания [1,2,3]. Исследования показали, что наилучшие результаты по расходу топлива получаются при одновременной подаче запальной порции ДТ и метанола. Величина запальной порции ДТ при

работе на метаноле с ДСТ определялась путем уменьшения подачи ДТ до начала появления пропусков воспламенения, после чего она несколько увеличивалась до достижения устойчивой работы дизеля. В дальнейшем цикловая подача запального топлива фиксировалась и оставалась постоянной, а изменение нагрузочного режима велось только путем изменения подачи метанола. На рисунке 2 представлены графики изменения экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных УОВТ на номинальном режиме работы [7].

Рассматривая экономичность дизеля при работе на метаноле с ДСТ при установочном УОВТ  $\Theta_m = 34^\circ$ , можно отметить следующее. Минимальное значение  $g_{\Sigma}$  при подаче метанола на установочном УОВТ  $\Theta_m = 34^\circ$  наблюдается при впрыскивании ДТ при установочном УОВТ  $\Theta_{дт} = 34^\circ$  ( $g_{\Sigma} = 502$  г/(кВт·ч)). При изменении угла впрыскивания ДТ  $\Theta_{дт}$  в ту или иную сторону показатели экономичности ухудшаются. Так, при установочных УОВТ  $\Theta_{дт} = 38^\circ$  и  $\Theta_m = 34^\circ$  значение составляет  $g_{\Sigma} = 510$  г/(кВт·ч). При дальнейшем увеличении угла впрыскивания ДТ до  $\Theta_{дт} = 42^\circ$  и  $\Theta_m = 34^\circ$

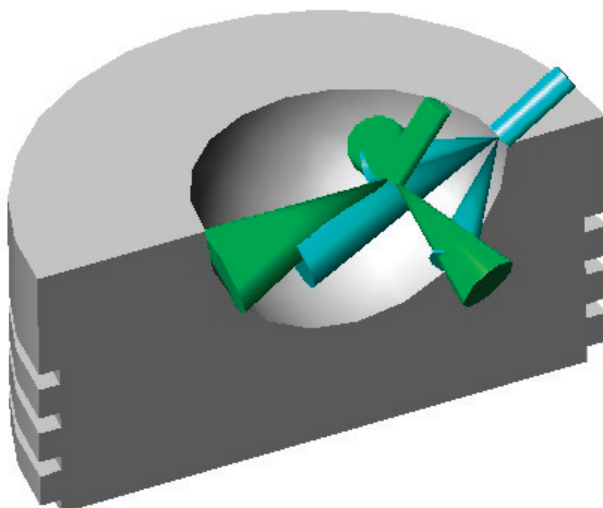


Рис. 1. Графическое изображение пересечения факелов запальной порции ДТ и метанола в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0

значение  $g_{e\Sigma} = 532$  г/(кВт·ч), т.е. увеличение  $g_{e\Sigma}$  от полученного при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{дт} = 34^\circ$  и  $\Theta_{м} = 34^\circ$ ) составляет 30 г/(кВт·ч), или 5,6%. При уменьшении угла впрыскивания ДТ до  $\Theta_{дт} = 30^\circ$  и  $\Theta_{м} = 34^\circ$  значение составляет  $g_{e\Sigma} = 506$  г/(кВт·ч). При дальнейшем уменьшении угла впрыскивания ДТ до  $\Theta_{дт} = 26^\circ$  и  $\Theta_{м} = 34^\circ$  значение возрастает до  $g_{e\Sigma} = 520$  г/(кВт·ч), т.е. увеличение  $g_{e\Sigma}$  от полученного при оптимальных значениях углов впрыскивания топлива ( $\Theta_{дт} = 34^\circ$  и  $\Theta_{м} = 34^\circ$ ) составляет уже 18 г/(кВт·ч), или 3,5%. Рассматривая экономичность дизеля при работе на метаноле с ДСТ при установочном УОВТ  $\Theta_{м} = 38^\circ$ , можно

отметить следующее. Минимальное значение  $g_{e\Sigma}$  при подаче метанола при угле  $\Theta_{м} = 38^\circ$  наблюдается при впрыскивании ДТ  $\Theta_{дт} = 38^\circ$  и имеет значение  $g_{e\Sigma} = 505$  г/(кВт·ч). При изменении угла впрыскивания  $\Theta_{дт}$  в ту или иную сторону показатели экономичности ухудшаются.

При увеличении угла подачи ДТ до значения  $\Theta_{дт} = 42^\circ$  и  $\Theta_{м} = 38^\circ$  величина  $g_{e\Sigma} = 515$  г/(кВт·ч), т.е. увеличение  $g_{e\Sigma}$  от полученного при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{дт} = 38^\circ$  и  $\Theta_{м} = 38^\circ$ ) составляет 10 г/(кВт·ч). При уменьшении угла подачи ДТ  $\Theta_{дт} = 34^\circ$  и  $\Theta_{м} = 38^\circ$  значение  $g_{e\Sigma} = 506$  г/(кВт·ч), т.е. увеличение  $g_{e\Sigma}$  от по-

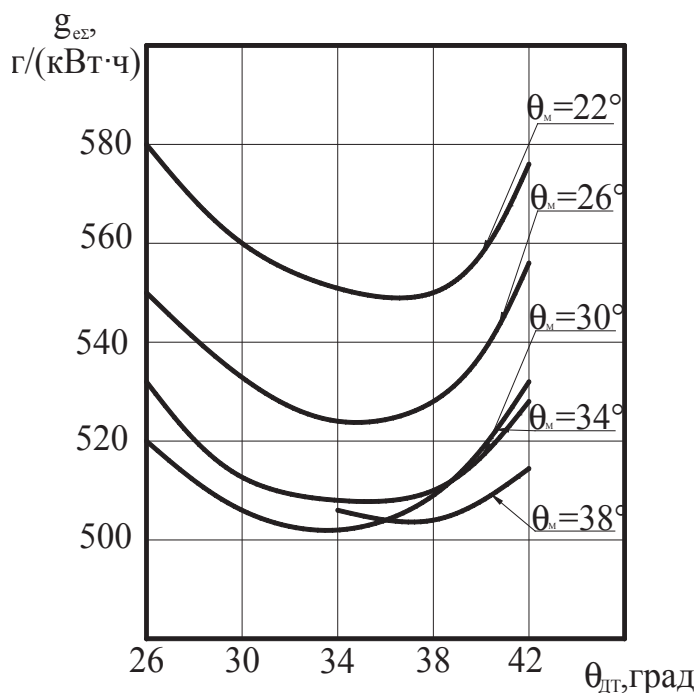


Рис. 2. Изменение экономических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных УОВТ ДТ и метанола при  $n = 1800$  мин-1 и  $p_e = 0,585$  МПа,  $q_{дт} = 6,6$  мг/цикл

лученного при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{\text{дт}} = 38^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 38^\circ$ ) составляет лишь 1 г/(кВт·ч).

Рассматривая экономичность дизеля при работе на метаноле с ДСТ при установочном УОВТ  $\Theta_{\text{м}} = 30^\circ$ , можно отметить следующее. Минимальное значение  $g_{\text{еСЭ}}$  при подаче метанола при установочном УОВТ  $\Theta_{\text{м}} = 30^\circ$  наблюдается при угле впрыскивания ДТ  $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и составляет  $g_{\text{еСЭ}} = 508$  г/(кВт·ч). При изменении установочного УОВТ  $\Theta_{\text{дт}}$  в ту или иную сторону показатели экономичности ухудшаются. Так, при установочных УОВТ  $\Theta_{\text{дт}} = 38^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 30^\circ$  значение составляет  $g_{\text{еСЭ}} = 511$  г/(кВт·ч). При дальнейшем увеличении угла впрыскивания ДТ  $\Theta_{\text{дт}} = 42^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 30^\circ$  значение  $g_{\text{еСЭ}} = 528$  г/(кВт·ч), т.е. увеличение  $g_{\text{еСЭ}}$  от полученного при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{\text{дт}} = 30^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 34^\circ$ ) составляет 20 г/(кВт·ч), или 3,8%. При уменьшении угла впрыскивания ДТ до  $\Theta_{\text{дт}} = 30^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 30^\circ$  значение составляет  $g_{\text{еСЭ}} = 513$  г/(кВт·ч). При дальнейшем уменьшении угла впрыскивания ДТ до  $\Theta_{\text{дт}} = 26^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 30^\circ$  значение возрастает до  $g_{\text{еСЭ}} = 532$  г/(кВт·ч), т.е. увеличение  $g_{\text{еСЭ}}$  от полученного при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 30^\circ$ ) составляет уже 24 г/(кВт·ч), или 4,5%.

Рассматривая экономичность дизеля при работе на метаноле с ДСТ при установочном УОВТ  $\Theta_{\text{м}} = 26^\circ$ , можно отметить следующее. Минимальное значение  $g_{\text{еСЭ}}$  при подаче метанола при установочном УОВТ  $\Theta_{\text{м}} = 26^\circ$  наблюдается при впрыскивании ДТ при установочном УОВТ  $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и имеет значение  $g_{\text{еСЭ}} = 524$  г/(кВт·ч). При изменении угла впрыскивания ДТ  $\Theta_{\text{дт}}$  в ту или иную сторону показатели экономичности ухудшаются. Так, при установочных УОВТ  $\Theta_{\text{дт}} = 38^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 26^\circ$  значение составляет  $g_{\text{еСЭ}} = 528$  г/(кВт·ч). При дальнейшем увеличении угла впрыскивания ДТ  $\Theta_{\text{дт}} = 42^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 26^\circ$  значение  $g_{\text{еСЭ}} = 557$  г/(кВт·ч), т.е. увеличение  $g_{\text{еСЭ}}$  от полученного при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 26^\circ$ ) составляет 33 г/(кВт·ч), или 5,9%. При уменьшении угла впрыскивания ДТ до  $\Theta_{\text{дт}} = 30^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 26^\circ$  значение составляет  $g_{\text{еСЭ}} = 533$  г/(кВт·ч). При дальнейшем уменьшении угла впрыскивания ДТ до  $\Theta_{\text{дт}} = 26^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 26^\circ$  значение возрастает до  $g_{\text{еСЭ}} = 550$  г/(кВт·ч), т.е. увеличение  $g_{\text{еСЭ}}$  от полученного при оптимальных значениях при углах ( $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 26^\circ$ ) составляет уже 26 г/(кВт·ч), или 4,7%.

Рассматривая экономичность дизеля при работе на метаноле с ДСТ при установочном УОВТ  $\Theta_{\text{м}} = 22^\circ$ , можно отметить следующее. Минимальное значение  $g_{\text{еСЭ}}$  при подаче метанола при установочном УОВТ  $\Theta_{\text{м}} = 22^\circ$  наблюдается при впрыскивании ДТ при установочном УОВТ  $\Theta_{\text{дт}} = 38^\circ$  и имеет значение  $g_{\text{еСЭ}} = 551$  г/(кВт·ч). При изменении угла впрыскивания ДТ  $\Theta_{\text{дт}}$  в ту или иную сторону показатели экономичности ухудшаются. Так, при установочных УОВТ  $\Theta_{\text{дт}} = 42^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 22^\circ$  значение

составляет  $g_{\text{еСЭ}} = 577$  г/(кВт·ч), т.е. увеличение  $g_{\text{еСЭ}}$  от полученного при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{\text{дт}} = 38^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 22^\circ$ ) составляет 26 г/(кВт·ч), или 4,5%. При уменьшении угла впрыскивания ДТ до  $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 22^\circ$  значение составляет  $g_{\text{еСЭ}} = 552$  г/(кВт·ч). При уменьшении угла впрыскивания ДТ до  $\Theta_{\text{дт}} = 30^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 22^\circ$  значение возрастает до  $g_{\text{еСЭ}} = 560$  г/(кВт·ч). При дальнейшем уменьшении угла впрыскивания ДТ до  $\Theta_{\text{дт}} = 26^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 22^\circ$  значение возрастает до  $g_{\text{еСЭ}} = 580$  г/(кВт·ч), т.е. увеличение  $g_{\text{еСЭ}}$  от полученного при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{\text{дт}} = 38^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 22^\circ$ ) составляет уже 29 г/(кВт·ч), или 5%.

Анализируя изменения показателей экономичности в зависимости от изменения установочных углов впрыскивания топлива при работе дизеля на метаноле с ДСТ, можно сделать следующие выводы. Оптимальными по суммарному удельному эффективному расходу топлива являются следующие значения установочных УОВТ:  $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 34^\circ$ . При этих значениях углов значение составляет  $g_{\text{еСЭ}} = 502$  г/(кВт·ч). При изменении угла впрыскивания  $\Theta_{\text{м}}$  в ту или иную сторону показатели экономичности ухудшаются. Сравняя минимальные значения  $g_{\text{еСЭ}}$  при различных углах впрыскивания метанола  $\Theta_{\text{м}}$  получается, что при угле впрыскивания  $\Theta_{\text{м}} = 38^\circ$  минимальное значение составляет  $g_{\text{еСЭ}} = 505$  г/(кВт·ч) и достигается при впрыскивании ДТ  $\Theta_{\text{дт}} = 38^\circ$ . Увеличение  $g_{\text{еСЭ}}$  по сравнению с полученным при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 34^\circ$ ) составляет 3 г/(кВт·ч). При установочном угле впрыскивания метанола  $\Theta_{\text{м}} = 30^\circ$  минимальное значение составляет  $g_{\text{еСЭ}} = 508$  г/(кВт·ч) и достигается при впрыскивании ДТ  $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$ . Увеличение  $g_{\text{еСЭ}}$  полученного при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 34^\circ$ ) составляет 6 г/(кВт·ч). При установочном угле впрыскивания метанола  $\Theta_{\text{м}} = 26^\circ$  минимальное значение  $g_{\text{еСЭ}} = 524$  г/кВт·ч и достигается при впрыскивания ДТ при  $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$ . Увеличение  $g_{\text{еСЭ}}$  по сравнению с полученным при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 34^\circ$ ) составляет 22 г/(кВт·ч), или 4,2%. При установочном угле впрыскивания метанола  $\Theta_{\text{м}} = 22^\circ$  минимальное значение  $g_{\text{еСЭ}} = 551$  г/кВт·ч и достигается при впрыскивании ДТ при  $\Theta_{\text{дт}} = 38^\circ$ . Увеличение  $g_{\text{еСЭ}}$  по сравнению с полученным при оптимальных значениях углов ( $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 34^\circ$ ) составляет 49 г/(кВт·ч), или 8,9%.

Таким образом, при более позднем впрыскивании метанола (при уменьшении  $\Theta_{\text{м}}$ ) или при более раннем показателе экономичности ухудшаются. Причиной является нарушение процесса сгорания.

Поэтому величины углов впрыскивания топлива  $\Theta_{\text{дт}} = 34^\circ$  и  $\Theta_{\text{м}} = 34^\circ$  были приняты за оптимальные, и все дальнейшие исследования проводились при этих значениях углов.

#### Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.

2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография / Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10, с.8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле / В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле / В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2007. — 167 с.

## Особенности процесса сгорания в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент;  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В Вятской государственной сельскохозяйственной академии на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ индикаторных показателей, особенности процессов сгорания и тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на дизельном топливе и на метаноле с двойной системой топливоподачи.*

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, метанол, двойная система топливоподачи.

Для изучения особенностей протекания процесса сгорания в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в соответствии с целью, задачами исследований и методикой нами проводилось индицирование на номинальном скоростном режиме при частоте вращения  $n = 1800$  мин<sup>-1</sup> и на режиме максимального крутящего момента при  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup>. Индикаторные диаграммы снимались на оптимальных установочных УОВТ, при постоянной цикловой подаче ДТ и цикловой подаче метанола, обеспечивающей поддержание значения среднего эффективного давления на том уровне, при котором проводилось индицирование опытного дизеля [1–3].

На рисунке 1, а приведены индикаторные диаграммы опытного дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на ДТ и при работе на метаноле с ДСТ при частоте вращения  $n = 1800$  мин<sup>-1</sup> и  $p_e = 0,585$  МПа. Результаты индицирования показывают некоторое увеличение максимального давления сгорания  $p_{z \max}$ . Так, у опытного дизеля значение  $p_{z \max} = 6,97$  МПа, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ значение возрастает до  $p_{z \max} = 7,09$  МПа. Соответственно значения максимальной «жесткости» процесса сгорания  $(dp/dj)_{\max}$  составляют для опытного дизеля 0,490 МПа/градус, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 0,290 МПа/градус. При этом следует отметить, что процесс сго-

рания при работе дизеля на метаноле с ДСТ несколько сдвигается на линию расширения. Если для опытного дизеля максимальное давление цикла  $p_{z \max}$  достигается при значении угла  $j = 7,0^\circ$  после в.м.т., то при работе дизеля на метаноле с ДСТ при  $j = 10,1^\circ$  после в.м.т. Аналогичные выводы можно сделать и из анализа индикаторной диаграммы, снятой на частоте вращения  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> (рис. 1, б).

Для опытного дизеля при  $p_e = 0,594$  МПа  $p_{z \max} = 7,03$  МПа, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ и тех же значениях среднего эффективного давления  $p_{zm \max} = 7,42$  МПа. Значения максимальной «жесткости»  $(dp/dj)_{\max}$  при работе дизеля на метаноле с ДСТ снижаются и на этом скоростном режиме. Так,  $(dp/dj)_{\max} = 0,581$  МПа/градус у опытного дизеля, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ  $(dp/dj)_{\max} = 0,372$  МПа/градус. Процесс сгорания при работе дизеля на метаноле с ДСТ также сдвигается на линию расширения. Максимальное давление цикла у опытного дизеля достигается при угле  $j = 6,0^\circ$  после в.м.т., а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — при угле  $j = 7,8^\circ$  после в.м.т.

Из результатов обработки индикаторных диаграмм, представленных на рисунке 2, видно, что характеристики тепловыделения и осредненная температура газов в цилиндре изменяются при работе дизеля на метаноле с ДСТ [4–7]. Так, при частоте вращения  $n = 1800$  мин<sup>-1</sup>



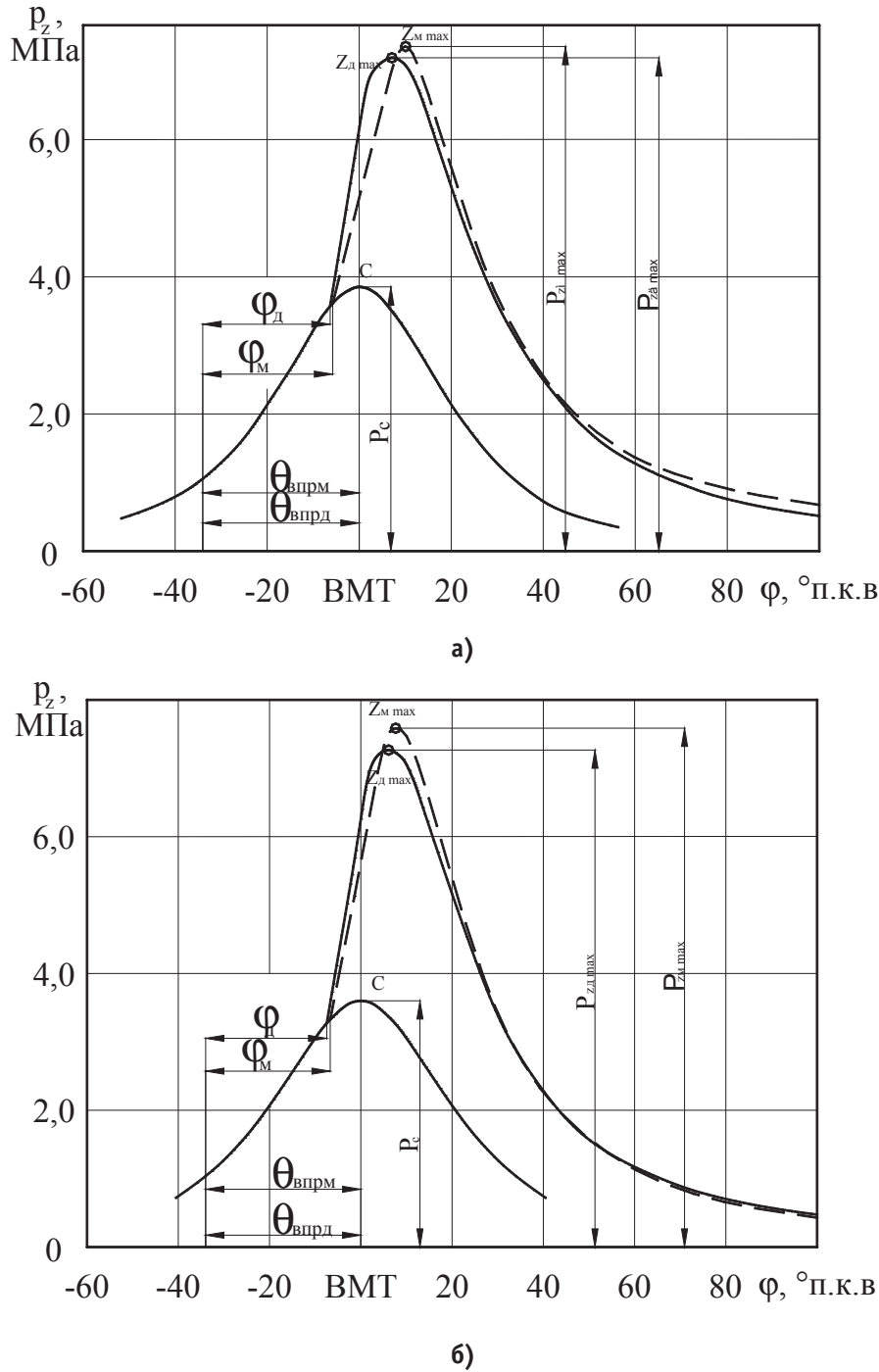


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на индикаторные диаграммы дизеля 2Ч 10,5/12,0: а — при  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ ; б — при  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ : — — дизельный процесс, — — — метанол с запальным ДТ

и  $p_c = 0,585 \text{ МПа}$  (рис. 2, а) максимальная осредненная температура цикла  $T_{\text{max}}$  для опытного дизеля составляет  $1920 \text{ К}$  и наблюдается при угле  $j = 18,5^\circ$  после в.м.т., при работе дизеля на метаноле с ДСТ значение  $T_{\text{max}} = 1960 \text{ К}$  достигается при угле  $j = 21^\circ$  после в.м.т.

Анализируя графики тепловыделения, можно сделать выводы, что первоначально скорость тепловыделения в результате экзотермических реакций окисления мала и преобладает скорость отвода теплоты. Поэтому результирующая скорость тепловыделения до определен-

ного момента отрицательна. В дальнейшем скорость выделения теплоты в результате экзотермических реакций начинает превышать скорость стока теплоты, и результирующая скорость тепловыделения становится положительной. При этом при работе на метаноле с ДСТ характерно увеличение скорости тепловыделения и сдвиг максимума скорости вправо от в.м.т. Если для опытного дизеля максимум скорости тепловыделения  $(dx/dj)_{\text{max}} = 0,050$  и наблюдается в в.м.т., то при работе дизеля на метаноле с ДСТ значение  $(dx/dj)_{\text{max}} = 0,059$  и достига-

ется при угле  $j = 9^\circ$  после в.м.т. Из графика выделения теплоты  $\chi$ , активного тепловыделения  $\chi_i$  и динамики использования теплоты видно, что величина активного тепловыделения  $\chi_i = 0,425$ , соответствующая максималь-

ному давлению сгорания  $p_{z \max}$ , для опытного дизеля достигается при угле  $j = 7,0^\circ$  после в.м.т.

При работе дизеля на метаноле с ДСТ при этом значении угла  $j$  величина  $\chi_i$  составляет уже 0,52 от общего

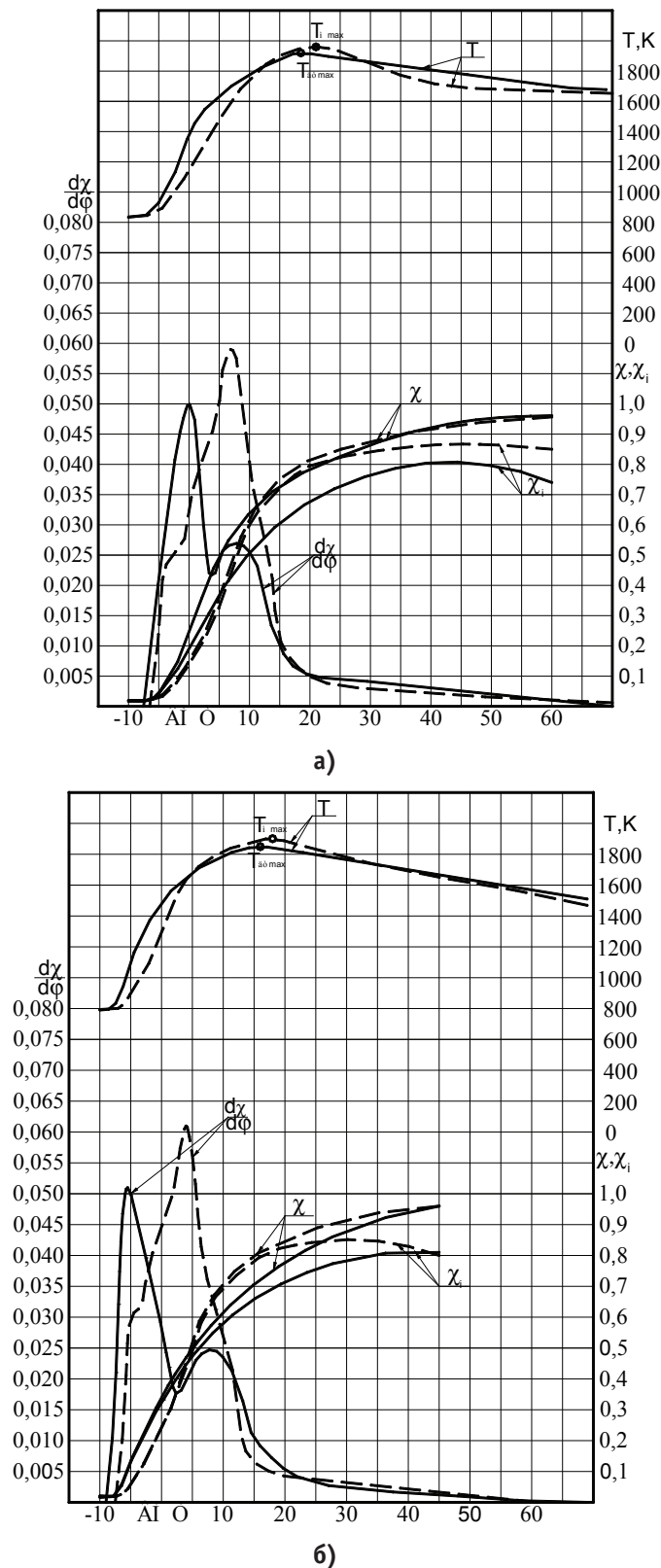


Рис. 2. Влияние применения метанола с ДСТ на характеристики тепловыделения дизеля 2Ч 10,5/12,0: а — при  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ ; б — при  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ ;  $\frac{3}{4}$  — дизельный процесс; — — — метанол с запальным ДТ

тепловыделения, т.е. скорость тепловыделения нарастает более интенсивно. При угле  $j = 10,1^\circ$  после в.м.т., соответствующем  $p_{z \max}$ , активное тепловыделение  $\chi_i$  достигает значения 0,60.

Во второй фазе тепловыделения при угле  $j = 18,5^\circ$  после в.м.т., соответствующем максимальной осредненной температуре цикла  $T_{\max}$  для опытного дизеля,  $\chi_i = 0,57$ . При работе дизеля на метаноле с ДСТ значение максимальной осредненной температуры достигается уже при угле  $j = 21^\circ$  после в.м.т., а значение активного тепловыделения составляет  $\chi_i = 0,79$ , т.е. тепловыделение идет в данном случае более активно. Это также подтверждается и тем, что скорость тепловыделения при работе дизеля на метаноле с ДСТ выше, чем у опытного дизеля, начиная с угла  $j = 2^\circ$  после в.м.т.

На частоте вращения  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> (рис. 2, б) прослеживаются аналогичные особенности протекания процесса сгорания при работе дизеля на метаноле с ДСТ. В первой фазе сгорания, до  $p_{z \max}$ , выгорание топлива начинается позднее, скорость тепловыделения выше, чем у опытного дизеля. Так,  $\chi_i = 0,44$ , соответствующее максимальному давлению сгорания при работе дизеля на ДТ, достигается при угле  $j = 6,0^\circ$  после в.м.т., а при работе дизеля на метаноле с ДСТ при максимальном давлении  $p_{z \max}$  значение  $\chi_i$  равно 0,63, но уже при угле  $j = 7,8^\circ$  после в.м.т. Соответственно, и скорость тепловыделения для опытного дизеля составляет 0,051, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 0,061. Во второй фазе сгорания процесс активизируется, скорость тепловыделения при работе дизеля на метаноле с ДСТ, начиная с угла  $j = 3^\circ$  после в.м.т., выше, осредненная температура цикла достигает максимального значения уже при угле  $j = 18^\circ$  после в.м.т., что на 2 градуса п.к.в. позднее, чем у опытного дизеля.

#### Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография / Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10, с.8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле / В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле / В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2007. — 167 с.

Анализируя график активного тепловыделения, можно сделать вывод, что по мере развития процесса сгорания величина активного тепловыделения возрастает, и если бы отсутствовала теплоотдача в стенки и сгорание было полным, то в некоторый момент, соответствующий завершению сгорания и рекомбинации диссоциированных молекул, значение активного тепловыделения  $\chi_i$  составило бы 100%. Но из-за наличия теплоотдачи, а также некоторой неполноты сгорания рабочего заряда в цилиндре, в частности в пристеночных слоях, кривая активного тепловыделения расположена ниже. В некоторой точке она достигает максимума, отвечающего равенству скоростей тепловыделения и теплоотвода, после чего значение активного тепловыделения  $\chi_i$  начинает уменьшаться из-за того, что превалирует теплоотдача. При этом при работе дизеля на метаноле с ДСТ этот максимум расположен выше, чем при работе дизеля на ДТ.

Таким образом, при применении метанола в качестве моторного топлива с использованием ДСТ максимальная «жесткость» процесса сгорания снижается, при этом тепловыделение во второй фазе идет более активно, т.е. увеличение процентного выгорания топлива приводит к снижению доли потерь теплоты в этот период. Это вызывает увеличение коэффициента активного тепловыделения, что предопределяет более эффективное использование теплоты в цилиндре дизеля в начальный период сгорания основной части топлива. Также следует отметить, что интенсивность тепловыделения в период быстрого горения, определяющая величину максимальной «жесткости»  $(dp/dj)_{\max}$ , зависит от массовой скорости выгорания топлива. Так как процесс воспламенения топлива в дизеле имеет многоочаговый характер, массовая скорость выгорания топлива обуславливается концентрацией активных продуктов — промоторов, инициирующих воспламенение, и объемом испарившегося топлива.

## Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской государственной сельскохозяйственной академии на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ показателей процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте при работе на дизельном топливе и на метаноле с двойной системой топливоподачи.

**Ключевые слова:** дизель, метанол, двойная система топливоподачи.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ на показатели процесса сгорания в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки на частоте вращения при максимальном крутящем моменте ( $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ ) [1–5]. Из графиков видно, что при работе дизеля на ДТ при увеличении нагрузки увеличивается максимальное давление сгорания  $p_{z \text{ max}}$  от 5,46 МПа при  $p_e = 0,127 \text{ МПа}$  до 7,10 МПа при  $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ . Увеличение составляет 1,64 МПа, или 23,1%. При этом соответственно при увеличении нагрузки увеличивается степень повышения давления. Так, у опытного дизеля при  $p_e = 0,127 \text{ МПа}$  значение  $i = 1,57$  и с увеличением нагрузки до максимальной при  $p_e = 0,635 \text{ МПа}$  возрастает до 2,04. Увеличение составляет 23%. Максимальная осреднённая температура газов

в цилиндре возрастает с 1400 К при  $p_e = 0,127 \text{ МПа}$  до 1920 К при  $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ . Рост температуры составляет 520 К, или 27,1%. Угол, соответствующий ПЗВ при работе дизеля на ДТ, несколько уменьшается. Так, при  $p_e = 0,127 \text{ МПа}$  значение  $i = 25 \text{ оп.к.в.}$ , а при нагрузке  $p_e = 0,635 \text{ МПа}$   $i = 22,5 \text{ оп.к.в.}$  Максимальная «жесткость» процесса сгорания увеличивается с 0,405 МПа/град при  $p_e = 0,127 \text{ МПа}$  до 0,590 МПа/град при  $p_e = 0,635 \text{ МПа}$ . Увеличение составляет 31,3%.

Из кривых, представленных на рисунке, видно, что при работе дизеля 2Ч 10,5/12,0 на метаноле с ДСТ показатели процесса сгорания изменяются во всем диапазоне изменения нагрузки [6,7]. Так, при увеличении нагрузки, максимальное давление сгорания  $p_{z \text{ max}}$  возрастает с 4,7 МПа при  $p_e = 0,127 \text{ МПа}$  до 7,5 МПа

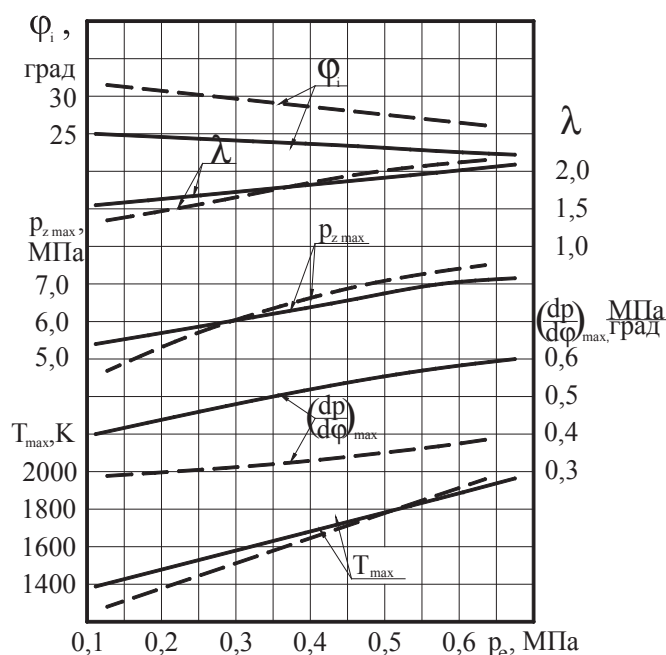


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ :  $\frac{3}{4}$  — дизельный процесс; — — — метанол с запальным ДТ

при  $p_e = 0,635$  МПа. Увеличение составляет 2,8 МПа, или 37,3%. Значение степени повышения давления изменяется с 1,35 при  $p_e = 0,127$  МПа до 2,16 при  $p_e = 0,635$  МПа. Увеличение составляет 37,5%. Максимальная осредненная температура цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ увеличивается от 1280 К при  $p_e = 0,127$  МПа до 1960 К при  $p_e = 0,635$  МПа. Рост температуры составляет 680 К, или 34,7%. Угол, соответствующий ПЗВ, при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет  $\varphi_i = 31,5$  п.к.в. при  $p_e = 0,127$  МПа, а при  $p_e = 0,635$  МПа  $\varphi_i = 26$  п.к.в. Максимальная «жесткость» процесса сгорания при  $p_e = 0,127$  МПа  $(dp/dj)_{\max} = 0,290$  МПа/град, при увеличении нагрузки максимальная «жесткость» возрастает. Так, при максимальном значении  $p_e = 0,635$  МПа  $(dp/dj)_{\max} = 0,386$  МПа/град. Увеличение значения максимальной «жесткости» составляет 24,9%.

Анализируя изменения значений показателей процесса сгорания в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при частоте вращения  $n = 1400$  мин<sup>-1</sup> и оптимальных установочных УОВТ, можно отметить следующее. Максимальное давление цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ на малых нагрузках меньше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при  $p_e = 0,127$  МПа максимальное давление цикла снижается с  $p_z \max = 5,46$  МПа при работе дизеля на ДТ до  $p_z \max = 4,7$  МПа при работе дизеля на метаноле с ДСТ. Снижение составляет 13,9%. С увеличением нагрузки происходит увеличение максимального давления сгорания. Так, при  $p_e = 0,635$  МПа значение  $p_z \max = 7,10$  МПа при работе дизеля на ДТ, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ  $p_z \max = 7,50$  МПа. Увеличение составляет 5,3%. При этом

значение степени повышения давления при  $p_e = 0,127$  МПа при работе дизеля на ДТ составляет 1,57, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ и этой же нагрузке  $\lambda = 1,35$ . Снижение составляет 14,0%. При увеличении нагрузки до  $p_e = 0,635$  МПа степень повышения давления при работе дизеля на ДТ равна 2,04, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ 2,16, увеличение составляет 5,5%. Максимальная осредненная температура цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ, на малых нагрузках ( $p_e = 0,127$  МПа) составляет 1280 К, а при работе на ДТ  $T_{\max} = 1400$  К. Увеличение составляет 120 К, или 8,6%. При увеличении нагрузки до  $p_e = 0,635$  МПа максимальная осредненная температура цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ возрастает и составляет 1960 К по сравнению с  $T_{\max}$  при работе дизеля на ДТ, которая равна 1920 К. Увеличение составляет 40 К, или 2%. ПЗВ при работе дизеля на метаноле с ДСТ возрастает во всем диапазоне изменения нагрузки, при  $p_e = 0,127$  МПа угол  $\varphi_i = 31,5$  п.к.в., а при работе дизеля на ДТ  $\varphi_i = 25,0$  п.к.в. Увеличение составляет 6,5 п.к.в., или 20,6%. При дальнейшем увеличении нагрузки до  $p_e = 0,635$  МПа значение  $\varphi_i$  при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет 26,0 п.к.в., а при работе дизеля на ДТ  $\varphi_i = 22,5$  п.к.в. Величина максимальной «жесткости» процесса сгорания при  $p_e = 0,127$  МПа при работе дизеля на ДТ составляет  $(dp/dj)_{\max} = 0,405$  МПа/град, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 0,290 МПа/град. Снижение составляет 28,4%. При увеличении нагрузки до  $p_e = 0,635$  МПа «жесткость» процесса сгорания при работе дизеля на ДТ составляет  $(dp/dj)_{\max} = 0,590$ , а при работе дизеля на метаноле с ДСТ  $(dp/dj)_{\max} = 0,386$  МПа/град. Снижение составляет 34,6%.

#### Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография / Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10. — С.8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле / В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле / В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2007. — 167 с.



## Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

*В Вятской государственной сельскохозяйственной академии на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ показателей процесса сгорания в зависимости от изменения нагрузки на номинальной частоте вращения коленчатого вала дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на дизельном топливе и на метаноле с двойной системой топливоподачи.*

**Ключевые слова:** дизель, альтернативное топливо, метанол, двойная система топливоподачи.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ на показатели процесса сгорания в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12 в зависимости от изменения нагрузки при работе на ДТ и при работе на метаноле с ДСТ на номинальной частоте вращения коленчатого вала [1–3]. Из графиков видно, что при работе дизеля на ДТ при увеличении нагрузки увеличивается максимальное давление сгорания  $p_{z \max}$  от 5,8 МПа при  $p_e = 0,127$  МПа до 7,2 МПа при  $p_e = 0,65$  МПа. Увеличение  $p_{z \max}$  составляет 1,4 МПа, или 19,4%. При этом при увеличении нагрузки соответственно увеличивается степень повышения давления  $\lambda$ . Так, у опытного дизеля при  $p_e = 0,127$  МПа значение  $\lambda = 1,55$ , и при увеличении нагрузки до максимальной при  $p_e = 0,65$  МПа значение  $\lambda$  возрастает до 1,92. Увеличение составляет 19,3%. Максимальная осредненная температура газов  $T_{z \max}$  в цилиндре дизеля воз-

растает с 1540 К при  $p_e = 0,127$  МПа до 2020 К при  $p_e = 0,65$  МПа. Рост значения температуры составляет 480 К, или 23,8%. Значение угла, соответствующего ПЗВ при работе дизеля на ДТ, несколько уменьшается. Так, при  $p_e = 0,127$  МПа  $i = 25^\circ$  п.к.в., а при нагрузке  $p_e = 0,65$  МПа  $i = 22,7^\circ$  п.к.в. Снижение составляет 9,2%. Максимальная «жесткость» процесса сгорания  $(dp/d\phi)_{\max}$  увеличивается с 0,361 МПа/градус при  $p_e = 0,127$  МПа до 0,525 МПа/градус при  $p_e = 0,65$  МПа, или на 31,2%. Из кривых, представленных на рисунке видно, что при работе дизеля 2Ч 10,5/12,0 на метаноле с ДСТ показатели процесса сгорания изменяются во всём диапазоне изменения нагрузки [4,5]. Так, при увеличении нагрузки максимальное давление сгорания  $p_{z \max}$  возрастает с 5,2 МПа при  $p_e = 0,127$  МПа до 7,3 МПа при  $p_e = 0,65$  МПа. Увеличение равно 2,1 МПа, или 28,8%. Степень повышения

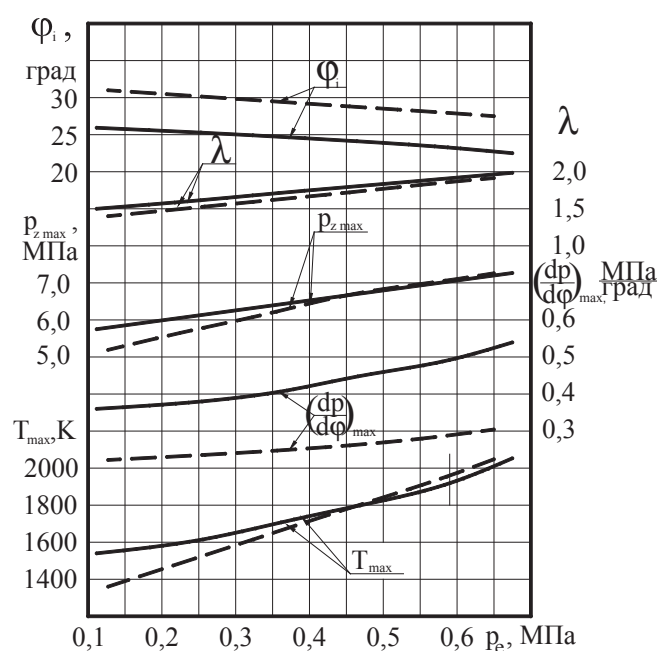


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ :  $\frac{3}{4}$  — дизельный процесс; — — — метанол с запальным ДТ

давления изменяется с 1,39 при  $p_e = 0,127$  МПа до 1,95 при  $p_e = 0,65$  МПа, увеличение составляет 28,7%. Максимальная осредненная температура цикла при работе дизеля на метаноле увеличивается от 1360 К при  $p_e = 0,127$  МПа до 2040 К при  $p_e = 0,65$  МПа. Рост температуры при изменении нагрузки составляет 680 К, или 33,3%. Угол, соответствующий ПЗВ, при работе на метаноле с ДСТ составляет  $i = 31^\circ$  п.к.в. при  $p_e = 0,127$  МПа, а при  $p_e = 0,65$  МПа значение  $i = 27,5^\circ$  п.к.в. Максимальная «жесткость» процесса сгорания при  $p_e = 0,127$  МПа составляет  $(dp/dj)_{\max} = 0,225$ , при увеличении нагрузки возрастает и при максимальном значении  $p_e = 0,65$  МПа достигает значения  $(dp/dj)_{\max} = 0,305$  МПа/градус, или увеличивается на 26,2%.

Анализируя изменения значений показателей процесса сгорания в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при  $n = 1800$  мин<sup>-1</sup> и оптимальных УОВТ, можно отметить следующее [6,7]. Максимальное давление цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ на малых нагрузках меньше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при  $p_e = 0,127$  МПа максимальное давление цикла снижается с  $p_z \max = 5,8$  МПа при работе дизеля на ДТ до  $p_z \max = 5,2$  МПа при работе дизеля на метаноле с ДСТ. Снижение составляет 10,3%. С увеличением нагрузки происходит увеличение максимального давления сгорания. Так, при  $p_e = 0,65$  МПа  $p_z \max = 7,2$  МПа при работе дизеля на ДТ, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ  $p_z \max = 7,3$  МПа. Увеличение составляет 1,37%. При этом степень повышения давления при  $p_e = 0,127$  МПа при работе ди-

зеля на дизельном топливе составляет 1,55, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ и этой же нагрузке  $\lambda = 1,39$ , снижение составляет 10,3%. При увеличении нагрузки до  $p_e = 0,65$  МПа степень повышения давления при работе дизеля на ДТ  $\lambda = 1,92$ , а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 1,95. Увеличение составляет 3%. Максимальная осредненная температура цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ на малых нагрузках ( $p_e = 0,127$  МПа) снижается и составляет 1360 К по сравнению с максимальной температурой при работе дизеля на ДТ, которая составляет 1540 К. Снижение составляет 180 К, или 11,7%. При увеличении нагрузки до  $p_e = 0,65$  МПа максимальная осредненная температура цикла при работе дизеля на метаноле с использованием ДСТ возрастает и составляет 2040 К по сравнению с  $T_{\max}$  при работе на ДТ, которая равна 2020 К. Увеличение составляет 20 К. ПЗВ при работе дизеля на метаноле с использованием ДСТ возрастает во всём диапазоне изменения нагрузки. Так, при  $p_e = 0,127$  МПа значение  $\phi_i = 31^\circ$  п.к.в., а при работе дизеля на ДТ  $\phi_i = 26^\circ$  п.к.в. Увеличение составляет 50 п.к.в., или 16,1%. Величина максимальной «жесткости» процесса сгорания при  $p_e = 0,127$  МПа при работе дизеля на ДТ составляет  $(dp/dj)_{\max} = 0,361$  МПа/град, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ — 0,225 МПа/град. Снижение составляет 37,7%. При увеличении нагрузки до  $p_e = 0,65$  МПа максимальная «жесткость» процесса сгорания при работе дизеля на ДТ составляет  $(dp/dj)_{\max} = 0,525$  МПа/град, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ  $(dp/dj)_{\max} = 0,305$  МПа/град. Снижение составляет 41,9%.

#### Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография / Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10, с.8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле / В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле / В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2007. — 167 с.

## Показатели процесса сгорания дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала

Чувашев Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В Вятской государственной сельскохозяйственной академии на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка дизеля 2Ч 10,5/12,0 для работы на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи. В работе приводится анализ показателей процесса сгорания в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на дизельном топливе и на метаноле с двойной системой топливоподачи.

**Ключевые слова:** дизель, метанол, двойная система топливоподачи.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ на показатели процесса сгорания в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала при работе на различных видах топлива [1–4]. Из графика видно, что при работе дизеля на ДТ при увеличении частоты вращения уменьшается максимальное давление сгорания  $p_{z \max}$  от 7,15 МПа при  $n = 1200$  мин<sup>-1</sup> до 6,90 МПа при  $n = 2000$  мин<sup>-1</sup>. Снижение составляет 0,25 МПа, или 3,5%. При этом при увеличении частоты вращения коленчатого вала снижается степень повышения давления. Так, у опытного дизеля при  $n = 1200$  мин<sup>-1</sup> значение  $\lambda = 2,09$ , а с увеличением частоты вращения до  $n = 2000$  мин<sup>-1</sup> снижается до 1,81. Снижение составляет 13,4%. Максимальная осреднённая температура газов в цилиндре возрастает с 1830 К при  $n = 1200$  мин<sup>-1</sup> до 2020 К при  $n = 2000$  мин<sup>-1</sup>. Рост температуры составляет 190 К, или

9,4%. Угол, соответствующий ПЗВ, при работе дизеля на ДТ несколько увеличивается. Так, при  $n = 1200$  мин<sup>-1</sup> значение  $i = 22^\circ$  п.к.в., а при  $n = 2000$  мин<sup>-1</sup> уже  $i = 24^\circ$  п.к.в. Увеличение составляет  $2^\circ$  п.к.в. «Жесткость» процесса сгорания снижается с 0,635 при  $n = 1200$  мин<sup>-1</sup> до 0,435 при  $n = 2000$  мин<sup>-1</sup>. Снижение составляет 31,5%.

Из кривых видно, что при работе дизеля 2Ч 10,5/12,0 на метаноле с ДСТ показатели процесса сгорания изменяются во всем диапазоне изменения частоты вращения [5–7]. Из графиков видно, что при увеличении частоты вращения максимальное давление сгорания снижается с 7,58 МПа при  $n = 1200$  мин<sup>-1</sup> до 7,0 МПа при  $n = 2000$  мин<sup>-1</sup>. Снижение составляет 0,58 МПа, или 7,65%. При этом следует отметить, что давление сжатия двигателя 2Ч 10,5/12,0 при  $n = 1200$  мин<sup>-1</sup> составляет 3,42 МПа и при увеличении частоты вращения до  $n = 2000$  мин<sup>-1</sup> поднимается до 3,81 МПа. Увеличение составляет 10,2%. Зна-

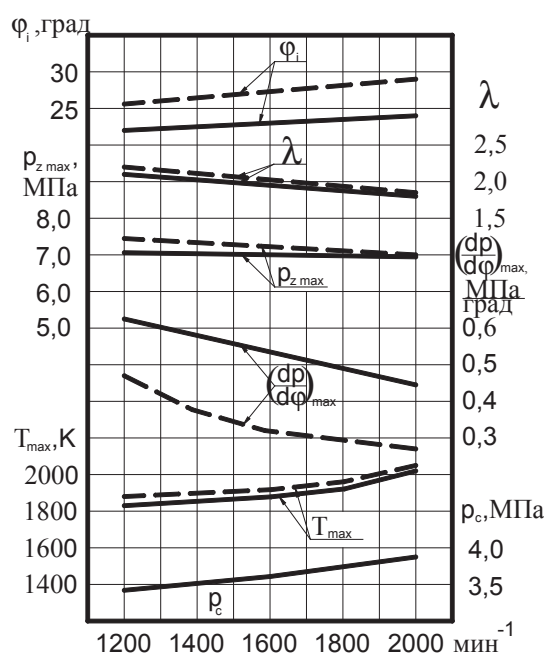


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ на показатели процесса сгорания в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения частоты вращения:  $\frac{3}{4}$  — дизельный процесс; — — — метанол с запальным ДТ

чение степени повышения давления изменяется с 2,22 при  $n = 1200$  мин-1 до 1,84 при  $n = 2000$  мин-1, снижение составляет 17,1%. Максимальная осреднённая температура цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ увеличивается от 1880 К при  $n = 1200$  мин-1 до 2050 К при  $n = 2000$  мин — 1. Рост температуры составляет 170 К, или 8,3%. Угол, соответствующий ПЗВ, при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет  $\phi_i = 25,60$  п.к.в. при  $n = 1200$  мин-1, а при  $n = 2000$  мин-1 возрастает до  $\phi_i = 290$  п.к.в. Увеличение составляет 3,40 п.к.в., или 11,7%. Максимальная «жесткость» процесса сгорания при  $n = 1200$  мин-1 имеет значение  $(dp/dj)_{\max} = 0,470$  МПа/град, и при увеличении частоты вращения максимальная «жесткость» снижается. При  $n = 2000$  мин-1  $(dp/dj)_{\max} = 0,270$  МПа/град. Снижение максимальной «жесткости» составляет 42,5%.

Анализируя изменения значений показателей процесса сгорания в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала и оптимальных установочных УОВТ, можно отметить следующее. Максимальное давление цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ при  $n = 1200$  мин-1 больше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при  $n = 1200$  мин-1 максимальное давление цикла увеличивается с  $p_z \max = 7,15$  МПа при работе дизеля на ДТ до  $p_z \max = 7,58$  МПа при работе дизеля на метаноле с ДСТ. Увеличение составляет 5,7%. С увеличением частоты вращения происходит снижение максимального давления сгорания. Так, при  $n = 2000$  мин-1 значение  $p_z \max = 6,9$  МПа при работе дизеля на ДТ,  $p_z \max = 7,0$  МПа при работе дизеля на метаноле. При этом значение степени повышения давления при  $n = 1200$  мин-1 и работе дизеля на ДТ состав-

ляет 2,09, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ и этой же частоте вращения  $\lambda = 2,22$ . Увеличение составляет 5,9%. При увеличении частоты вращения до  $n = 2000$  мин-1 значение степени повышения давления при работе дизеля на ДТ составляет 1,81, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ  $\lambda = 1,84$ . Максимальная осреднённая температура цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ при  $n = 1200$  мин-1 составляет 1880 К, а при работе дизеля на ДТ  $T_{\max} = 1830$  К. Снижение составляет 50 К, или 2,7%. При увеличении частоты вращения до  $n = 2000$  мин-1 максимальная осреднённая температура цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ возрастает и составляет 2050 К по сравнению с  $T_{\max}$  при работе дизеля на ДТ, которая равна 2020 К. Увеличение составляет 30 К, или 1,46%. ПЗВ при работе дизеля на метаноле с ДСТ возрастает во всём диапазоне изменения частоты вращения. Так, при  $n = 1200$  мин-1 значение  $\phi_i = 25,60$  п.к.в., а при работе дизеля на ДТ  $\phi_i = 220$  п.к.в. Увеличение составляет 14%. При дальнейшем увеличении частоты вращения до  $n = 2000$  мин-1 значение  $\phi_i$  при работе дизеля на метаноле с ДСТ составляет 290 п.к.в., а при работе дизеля на ДТ  $\phi_i = 240$  п.к.в. Увеличение составляет 50 п.к.в., или 17,2%. Величина максимальной «жесткости» процесса сгорания при  $n = 1200$  мин-1 при работе дизеля на ДТ составляет  $(dp/dj)_{\max} = 0,635$  МПа/град а при работе дизеля на метаноле с ДСТ  $(dp/dj)_{\max} = 0,470$  МПа/град. Снижение составляет 26%. При увеличении частоты вращения до  $n = 2000$  мин-1 максимальная «жесткость» процесса сгорания при работе дизеля на ДТ составляет  $(dp/dj)_{\max} = 0,435$  МПа/град, а при работе дизеля на метаноле с ДСТ  $(dp/dj)_{\max} = 0,270$  МПа/град. Снижение достигает 37,9%.

#### Литература:

1. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2007. — 129 с.
2. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Анфилатов А. А., Глухов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи: Монография / Под общ. ред. В. А. Лиханова. — Киров: Вятская ГСХА, 2009. — 334 с.
3. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Полевщиков А. С., Долгих М. А., Верстаков С. А. Эффективные и экологические показатели дизеля с двойной системой топливоподачи. Тракторы и сельхозмашины, 2011. — № 10. — С.8–10.
4. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле / В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 3. — с. 8–11.
5. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле / В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 4. — с. 10–13.
6. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербург, 2007. — 18 с.
7. Чувашев, А. Н. Исследование рабочего процесса дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киров, 2007. — 167 с.

## Использование бетонного лома для получения заполнителя бетона

Шестернин Александр Игоревич, магистрант;

Коровкин Марк Олимпиевич, кандидат технических наук, доцент;

Ерошкина Надежда Александровна, кандидат технических наук, инженер-исследователь

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Приведены результаты исследования отсева дробления бетонного лома в качестве заполнителя для бетона. Рассмотрена эффективность различных методов повышения характеристик мелкого и тонкого заполнителя. Показано, что полученный заполнитель может быть использован для производства самоуплотняющегося бетона.*

**Ключевые слова:** рециклинг бетона, самоуплотняющийся бетон, мелкий заполнитель, тонкий наполнитель.

Проведенные ранее исследования [1, 2] показали, что повторное дробление бетонного лома позволяет значительно улучшить характеристики вторичного щебня. Однако этот технологический приём приводит к образованию значительного количества продуктов дробления с размером частиц менее 5 мм. В отсеве дробления вторичного щебня содержится больше, чем во вторичном щебне цементного камня. Это обуславливает низкую прочность и высокое водопоглощение отсева дробления. Кроме того, в зерновом составе значительную долю составляют мелкие и пылевидные фракции, а зерна имеют преимущественно пластинчатую и игольчатую форму. Перечисленные факторы снижают характеристики отсева дробления вторичного щебня до уровня, не позволяющего использовать его в качестве мелкого заполнителя для обычного бетона и строительного раствора.

Наиболее перспективная область использования заполнителя с высоким содержанием пылеватых фракций — производство самоуплотняющегося бетона, для технологии которого применение больших объёмов тонкого заполнителя является ключевым элементом [3].

Нами были проведены исследования эффективности кратковременного доизмельчения отсева дробления бетонного лома в шаровой мельнице с точки зрения использования полученного материала в качестве мелкого и тонкого заполнителя самоуплотняющегося бетона.

### Методы и материалы

Для эксперимента использовался цемент ПЦ 500 ДО производства ОАО «Мордовцемент» и песок Сурского месторождения с  $M_{кр} = 1,52$ . Отсев дробления бетона с прочностью 17...22 МПа использовался для исследования возможности частичной замены природного песка.

Исследование кинетики помола пылевидной фракции с размером частиц менее 0,14 мм производилось в лабораторной шаровой мельнице диаметром 19 см при соотношении массы мелющих тел и измельчаемого материала 1:3. Тонкость помола характеризовалась удельной поверхностью порошка, которая определялась с помощью прибора ПСХ-2.

Измельчение продуктов дробления с размером частиц менее 10 мм исследовалось с помощью шаровой мельницы диаметром 80 см при загрузке 5 кг отсева и 15 кг мелющих тел.

### Результаты и обсуждение результатов

Результаты замены до 50% природного песка более крупным, пористым, и менее прочным отходом дробления при различном соотношении вяжущего и заполнителя приведены на рис. 1.

Графики на рис. 1. свидетельствуют о том, что консистенция смеси заметно ухудшается при замене части песка бетонной крошкой, а на прочность такое замещение оказывает незначительное влияние.

Значительное количество мелких фракций, которые содержатся в отсеве дробления, может быть использовано в качестве сырья для получения тонкого заполнителя самоуплотняющегося бетона после измельчения отсева в мельнице.

Экспериментальное исследование кинетики измельчения частиц продуктов дробления с размером менее 0,14 мм показало, что этот материал достаточно быстро может быть измельчен до  $420 \text{ м}^2/\text{кг}$ , а затем процесс измельчения замедляется (рис. 2.).

Быстрое измельчение объясняется тем, что мелкие фракции отсева дробления содержат значительное количество цементного камня, прочность которого в несколько раз меньше прочности заполнителя.

С учетом того, что крупные зерна цемента полностью не гидратируются даже через несколько лет [4] и при измельчении цементного камня он может обладать вяжущими свойствами, было изучено влияние тонкости измельчения отсева дробления на прочность цемента при частичном его замещении измельченным отсевом. Доля замещения цемента составляла 15 и 30%. Результаты определения прочности представлены на рис. 3.

Как видно из графика на рис.3 прочность зависит в основном от доли замещения цемента и мало зависит от дисперсности наполнителя. В связи с этим можно сделать вывод, что активность негидратированной части



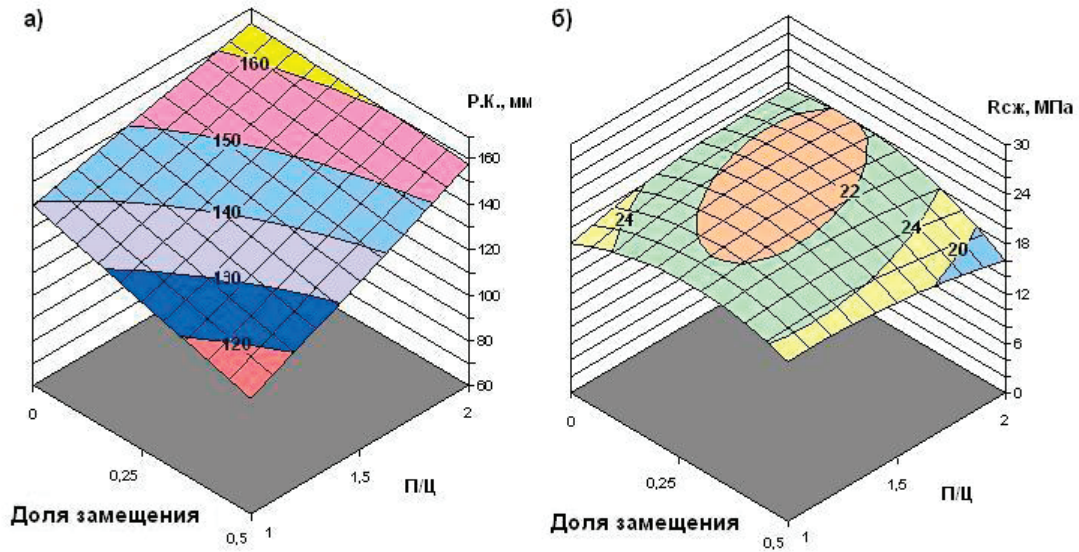


Рис. 1. Зависимость консистенции раствора (а) и прочности через 28 суток (б) от доли замещения песком бетонной крошкой и соотношения цемента и заполнителя

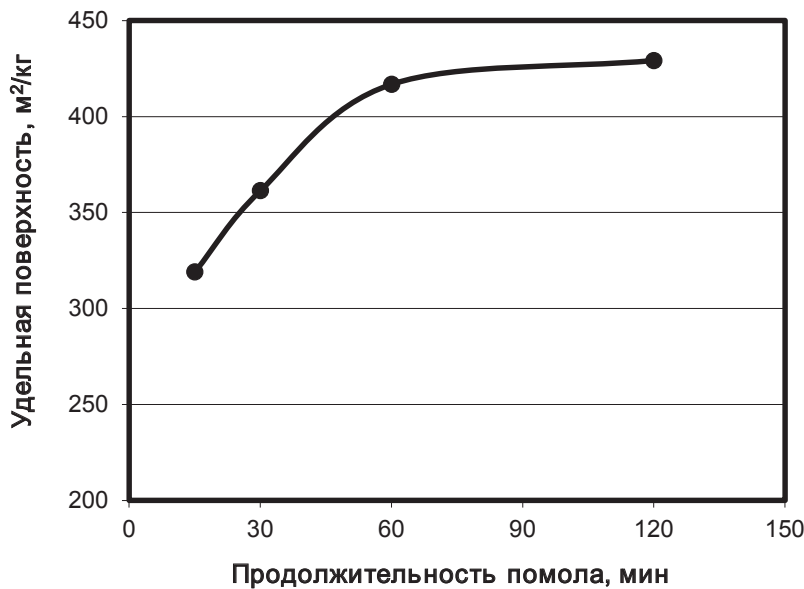


Рис. 2. Кинетика роста удельной поверхности мелких фракций продуктов дробления

цементного камня низкая и измельчение дисперсного наполнителя до высокой удельной поверхности не целесообразно.

Исследования влияния непродолжительной обработки в шаровой мельнице на зерновой состав продуктов дробления бетонного лома с размерами частиц менее 10 мм показали, что наибольшее относительное снижение содержания частиц наблюдается для фракций 1,25–5, а наибольший прирост — для частиц менее 0,14 мм (рис. 4). Снижение содержания крупных фракций является негативным результатом обработки в мельнице, а положительным результатом — является снижение содержания зерен пластинчатой и игольчатой формы для всех

фракций. Образование значительного количества материала с размером частиц менее 0,14 мм при обработке в мельнице позволяет получить достаточный объем тонкого заполнителя самоуплотняющегося бетона, расход которого может достигать 300 кг на м³ бетона.

### Заключение

Кратковременная обработка отсева дробления бетонного лома в мельнице позволяет повысить его характеристики и использовать в качестве мелкого заполнителя для бетона, получив при этом достаточное количество тонкого заполнителя для самоуплотняющегося бетона.

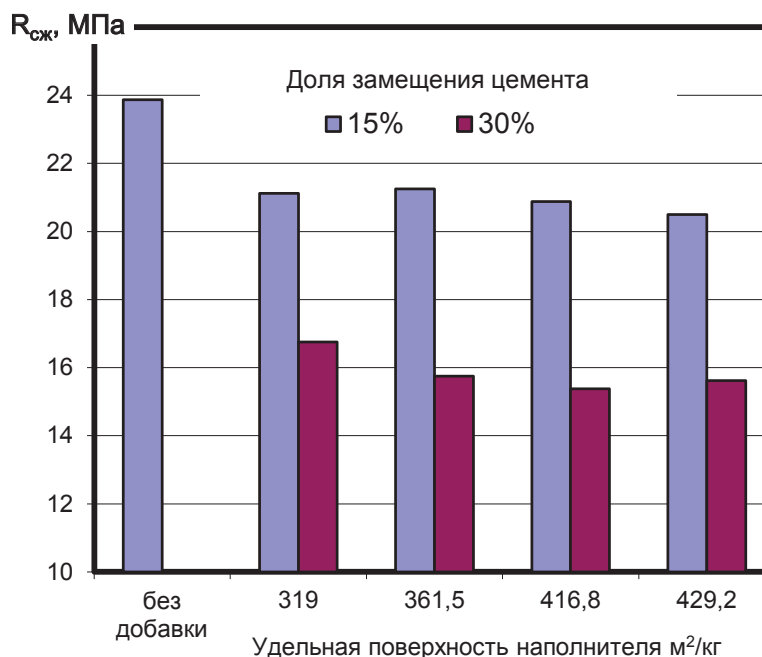


Рис. 3. Влияние замещения части цемента дисперсным наполнителем с различной удельной поверхностью

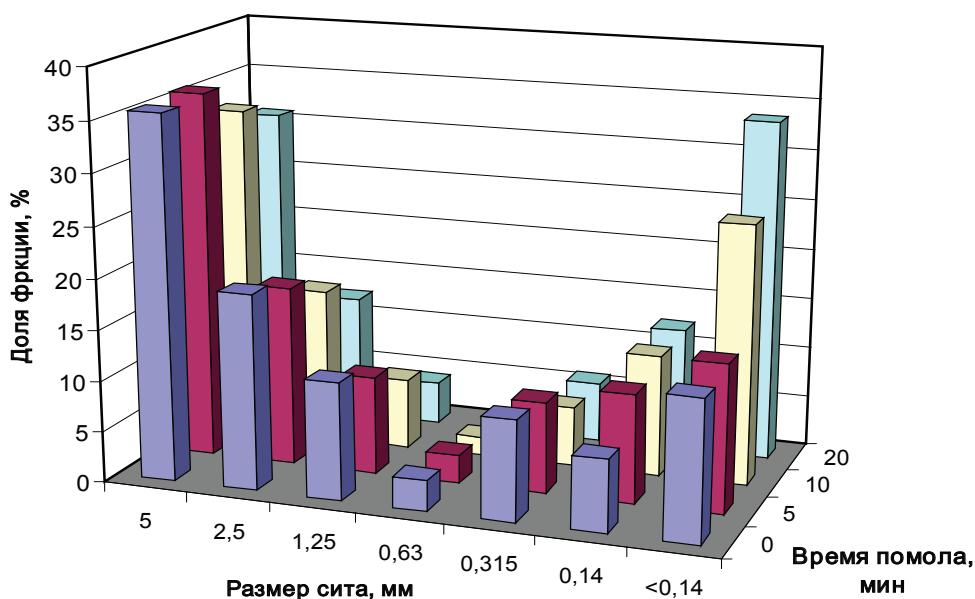


Рис. 4. Влияние продолжительности помола отсева дробления в шаровой мельнице на его гранулометрический состав

Литература:

1. Шестернин, А.И. Исследование эффективности многостадийного дробления лома бетонных конструкций / А.И. Шестернин, О.А. Козюра, М.О. Коровкин // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: Материалы III Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. — Пенза: ПГУАС, 2008. — с. 141–144.
2. Коровкин, М.О. Применение бетонного лома в производстве заполнителя для самоуплотняющегося бетона / М.О. Коровкин, А.И. Шестернин // Бетон и железобетон — взгляд в будущее: Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону. Т 6. — Москва: МГСУ, 2014. — с. 295–313.

3. Horst, G. Self compacting concrete-another stage in the development of the 5-component system of concrete / G. Horst and, R. Joerg // Betontechnische Berichte (Concrete Technology Reports). — Verein Deutscher Zementwerke, Dusseldorf, 2001. — P. 39–48.
4. Волженский, А. В. Минеральные вяжущие вещества: технология и свойства / А. В. Волженский, Ю. С. Буров, В. С. Колокольников. — М.: Стройиздат, 1979. — 328 с.

## Четырехроликовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate

Шинкин Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

*Предложен математический метод определения оптимальных технологических параметров холодной правки толстого стального листа на четырех роликах пятироликовой листопрямильной машины. Результаты исследований могут быть использованы на металлургических заводах по производству толстого стального листа.*

**Ключевые слова:** стальной лист, листопрямильная машина, упругопластическая деформация.

**М**ногороликовые листопрямильные машины. В многороликовых листопрямильных машинах правка неплоскостности (волнистости и коробоватости) стального листа осуществляется между двумя рядами рабочих роликов. Лист захватывается вращением роликов и при прохождении между ними получает многократные чередующиеся в противоположные стороны изгибы с напряжениями, превосходящими предел текучести материала. Более вытянутые продольные участки листа при правке получают пластическую деформацию сжатия, а менее вытянутые — растяжения. В результате неплоскостность листа уменьшается.

Для грубой предварительной правки толстых стальных листов применяют четырех- и шестироликовые машины. Для качественной правки толстых листов и листов с высоким пределом текучести стали применяют девяти- и одиннадцатирولیковые машины.

**Четырехроликовый режим правки стального листа на пятироликовой листопрямильной машине.** Для изгиба толстого листа с высоким пределом прочности стали иногда не хватает усилий пятироликовой листопрямильной машины (рис. 1). В этом случае переходят на четырехроликовый режим правки стального листа, что повышает эффективное усилие машины на 25%.

Пусть  $t$  — шаг между нижними роликами,  $H_2$  и  $H_4$  — величины обжатия срединной поверхности листа на втором и четвертом роликах,  $R$  — радиус рабочих роликов,  $h$  — толщина стального листа,  $R_0 = R + h/2$ ;  $\sigma_T$ ,  $E$ ,  $\Pi_p$  и  $\Pi_c$  — предел текучести, модуль Юнга и модули упрочнения стали при растяжении и сжатии;  $\rho_i$  и  $\varepsilon_i = 1/\rho_i$  — радиусы кривизны и кривизна срединной линии листа в точках касания листа с роликами,  $\varphi_i$  — углы точек касания листа и роликов ( $i = 1 \dots 4$ ) (рис. 2).

Коэффициент пружинения нейтральной линии листа при радиусе кривизны  $\rho$  равен [1–3]

$$\beta(\rho) = \frac{1}{\left(1 - \frac{\Pi_p + \Pi_c}{2E}\right) \left(1 - 2 \frac{\rho \sigma_T}{hE}\right)^2 \left(1 + \frac{\rho \sigma_T}{hE}\right)}, \quad \eta = \frac{\rho \sigma_T}{hE}.$$

Отметим, что при  $\eta \geq 0,5$  коэффициент пружинения  $\beta$  обращается в бесконечность (упругое распружинивание листа в первоначальное положение) (рис. 3).

Введем четыре локальных прямоугольных декартовых системы координат  $y-z$  в точках касания листа с роликами листопрямильной машины. Оси  $z$  направим по касательной к поверхности роликов слева направо, а оси  $y$  — в сторону центров соответствующих роликов. Будем аппроксимировать в этих системах координат нейтральную линию листа (между соседними точками касания листа и роликов) с помощью кубических полиномов вида  $y(z) = a z^2 - b z^3$  (метод Шинкина [1, 2]). Обозначим  $a_i$  и  $b_i$  — коэффициенты кубических полиномов в  $i$ -ой системе координат.

Составим уравнения для коэффициентов кубических полиномов, кривизны и радиусов кривизны нейтральной линии листа в точках касания листа с роликами.

*Первый и второй ролики:*

$$z_2 = \left( \frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_1 - R_0 \sin \varphi_2 \right) \cos \varphi_1 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_1) - R_0(1 - \cos \varphi_2)] \sin \varphi_1,$$



Рис. 1. Пятироликовая листопрямительная машина Fagor Arrasate

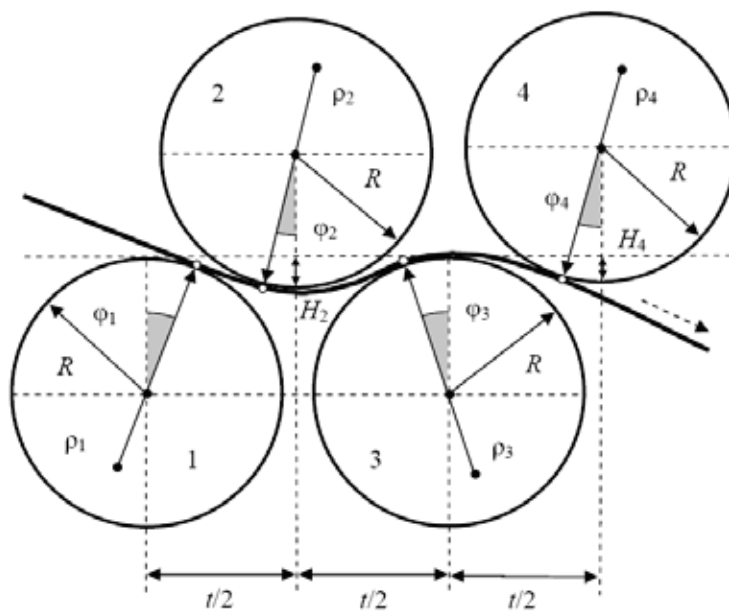


Рис. 2. Схема правки листа на четырех рабочих роликах

$$y_2 = -\left(\frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_1 - R_0 \sin \varphi_2\right) \sin \varphi_1 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_1) - R_0(1 - \cos \varphi_2)] \cos \varphi_1,$$

$$a_1 = \frac{3y_2 + tg(\varphi_1 - \varphi_2)z_2}{z_2^2}, \quad b_1 = \frac{2y_2 + tg(\varphi_1 - \varphi_2)z_2}{z_2^3},$$

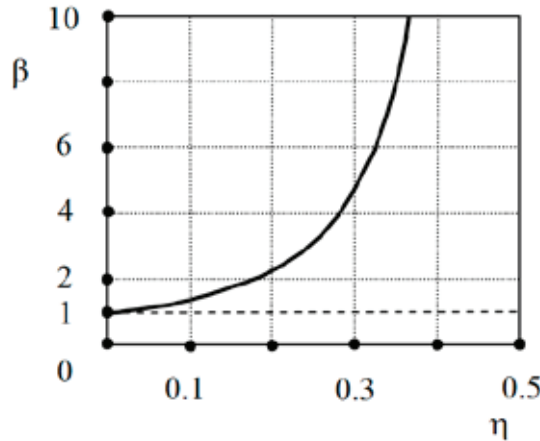


Рис. 3. Зависимость коэффициента пружинения от  $\eta$

$$\epsilon_{12} = 2a_1, \quad \rho_{12} = \frac{1}{2a_1}, \quad \epsilon_{21} = \frac{2a_1 - 6b_1z_2}{\left[1 + (2a_1z_2 - 3b_1z_2^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{21} = \frac{1}{\epsilon_{21}};$$

второй и третий ролики:

$$z_3 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_2 - R_0 \sin \varphi_3\right) \cos \varphi_2 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_2) - R_0(1 - \cos \varphi_3)] \sin \varphi_2,$$

$$y_3 = -\left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_2 - R_0 \sin \varphi_3\right) \sin \varphi_2 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_2) - R_0(1 - \cos \varphi_3)] \cos \varphi_2,$$

$$a_2 = \frac{3y_3 - tg(\varphi_2 + \varphi_3)z_3}{z_3^2}, \quad b_2 = \frac{2y_3 - tg(\varphi_2 + \varphi_3)z_3}{z_3^3},$$

$$\epsilon_{23} = 2a_2, \quad \rho_{23} = \frac{1}{2a_2}, \quad \epsilon_{32} = \frac{2a_2 - 6b_2z_3}{\left[1 + (2a_2z_3 - 3b_2z_3^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{32} = \frac{1}{\epsilon_{32}};$$

третий и четвертый ролики:

$$z_4 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_3 - R_0 \sin \varphi_4\right) \cos \varphi_3 + [H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_3) - R_0(1 - \cos \varphi_4)] \sin \varphi_3,$$

$$y_4 = -\left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_3 - R_0 \sin \varphi_4\right) \sin \varphi_3 + [H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_3) - R_0(1 - \cos \varphi_4)] \cos \varphi_3,$$

$$a_3 = \frac{3y_4 - tg(\varphi_3 + \varphi_4)z_4}{z_4^2}, \quad b_3 = \frac{2y_4 - tg(\varphi_3 + \varphi_4)z_4}{z_4^3},$$

$$\epsilon_{34} = 2a_3, \quad \rho_{34} = \frac{1}{2a_3}, \quad \epsilon_{43} = \frac{2a_3 - 6b_3z_4}{\left[1 + (2a_3z_4 - 3b_3z_4^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{43} = \frac{1}{\epsilon_{43}}.$$

Граничные условия задачи имеют вид

$$\rho_{12} = \rho_1, \quad \rho_{21} = -\rho_{23}, \quad \rho_{32} = -\rho_{34}, \quad \rho_{43} = \beta(\rho_{34}) \rho_{34}.$$

**Результаты расчетов.** Решая систему уравнений при  $t = 0,27$  м,  $R = 0,125$  м,  $h = 0,01$  м,  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па,  $\sigma = 500 \cdot 10^6$  Па,  $H_2 = 0,012$  м,  $H_4 = -0,012$  м,  $\rho_1 = \infty$  м, получаем  $\rho_2 = 0,406$  м,  $\rho_3 = -1,605$  м,  $\rho_4 = -29,538$  м,  $\varphi_1 = 8,06^\circ$ ,  $\varphi_2 = -0,49^\circ$ ,  $\varphi_3 = 6,69^\circ$ ,  $\varphi_4 = -3,70^\circ$  (рис. 4).

**Производство труб большого диаметра из стального листа.** В практике производства труб большого диаметра для магистральных газонефтепроводов утвердился процесс формовки трубной заготовки из толстого стального листа по схеме JCOE [1–36]. Перед формовкой труб стальной лист правят на многороликовых листопрямляющих машинах [32–35]. Дефект образования гофра продольной кромки стального листа на кромкогибочном прессе изучался в работах [1,



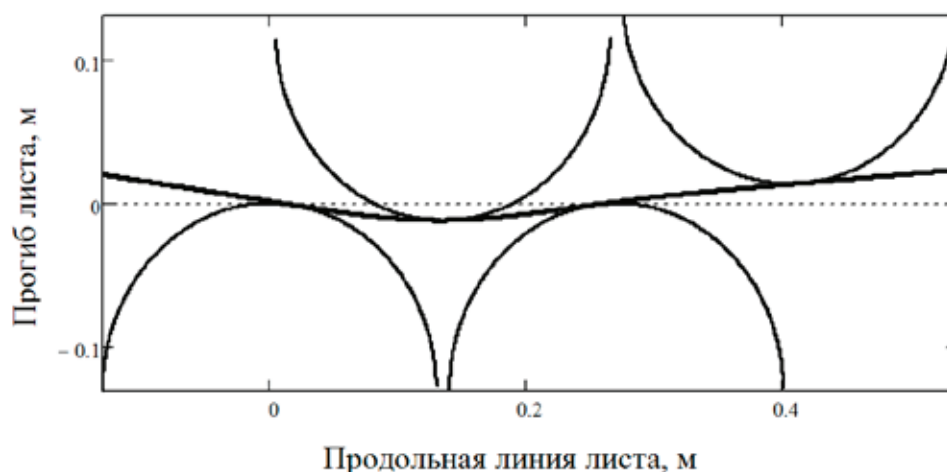


Рис. 4. Срединная линия листа в листопрямительной машине

2, 9–21], вредное влияние остаточных напряжений в стенке стального листа после трубоформовочного пресса на процесс экспандирования трубы — в [1, 2, 22], дефект «точка перегиба» при изгибе стального листа на трубоформовочном прессе — в [1, 2, 24], дефект несплавления сварного продольного шва при сборке трубы — в [1, 2, 30], дефект стального листа раскатной пригар с рисксой — в [1, 2, 31], процессы прокатки стального листа для производства труб — в [37–46].

Литература:

1. Шинкин, В. Н. Механика сплошных сред для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2014. — 628 с.
2. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2013. — 655 с.
3. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. — М: Изд. Дом МИСиС, 2008. — 307 с.
4. Шинкин, В. Н. Теоретическая механика для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2012. — 679 с.
5. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироликовой листопрямительной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). с. 344–349.
6. Шинкин, В. Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироликовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 359–365.
7. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироликовой листопрямительной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 361–366.
8. Шинкин, В. Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироликовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000» // Молодой ученый. 2015. № 11 (91).
9. Шинкин, В. Н., Уандыкова С. К. Гибка стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе при производстве труб большого диаметра // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2009. № 16. с. 110–112.
10. Шинкин, В. Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. Вып. 6. с. 171–174.
11. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса пластического формоизменения листовой заготовки для производства труб большого диаметра // Обработка металлов давлением, 2011. № 3 (28). с. 7–11.
12. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 4. с. 14–22.
13. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Упругопластическое изменение металла на кромкогибочном прессе при формовке труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 6. с. 53–56.
14. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
15. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. с. 45–49.

16. Шинкин, В. Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. № 4 (62). Вып. 4. с. 69–74.
17. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Барыков А. М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // *Металлург*. 2011. № 11. с. 77–81.
18. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // *Metallurgist*. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
19. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса формовки заготовки для труб большого диаметра // *Сталь*. 2011. № 1. с. 54–58.
20. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // *Steel in Translation*. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
21. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // *Производство проката*. 2014. № 12. с. 13–20.
22. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // *Производство проката*. 2012. № 7. с. 25–29.
23. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процессов экспандирования и гидротестирования труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // *Производство проката*. 2011. № 10. с. 12–19.
24. Шинкин, В. Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // *Производство проката*. 2012. № 9. с. 21–26.
25. Шинкин, В. Н. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // *Сталь*. 2015. № 4. с. 38–42.
26. Шинкин, В. Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 3 (74). Часть 1. с. 64–67.
27. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 4 (75). Часть 1. с. 114–119.
28. Шинкин, В. Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 5 (76).
29. Шинкин, В. Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 6 (77).
30. Шинкин, В. Н., Барыков А. М., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // *Производство проката*. 2012. № 2. с. 14–16.
31. Шинкин, В. Н., Мокроусов В. И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с риской» // *Производство проката*. 2012. № 12. с. 19–24.
32. Шинкин, В. Н., Федотов О. В. Расчет технологических параметров правки горячекатаной рулонной полосы на пятироlikовой машине линии Fagor Arrasate // *Производство проката*. 2013. № 9. с. 43–48.
33. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироlikовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // *Производство проката*. 2014. № 5. с. 7–15.
34. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатироlikовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // *Производство проката*. 2014. № 8. с. 26–34.
35. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатироlikовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // *Производство проката*. 2015. № 1. с. 42–48.
36. Пермичев, Н. Ф., Барыков А. М., Палева О. А. Управление инновационным потенциалом предприятия. — Нижний Новгород: Изд. ВВАГС, 2008. — 83 с.
37. Скороходов, В. Н., Чернов П. П., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Математическая модель процесса свободного уширения при прокатке полос // *Сталь*. 2001. № 3. с. 38–40.
38. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Нейтральные углы при прокатке в валках неравных диаметров, вращающихся с одинаковой угловой скоростью // *Производство проката*. 2006. № 5. с. 2–6.
39. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Контактное давление при тонколистовой прокатке в валках неравных диаметров, вращающихся с одинаковой угловой скоростью // *Производство проката*. 2007. № 2. с. 15–20.

40. Мухин, Ю. А., Бельский С. М. О допустимости одного упрощения при анализе процесса несимметричной тонколистовой прокатки // Производство проката. 2007. № 7. с. 11–13.
41. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Энергетический баланс и величина нейтральных углов при прокатке в валках неравных диаметров // Производство проката. 2007. № 9. с. 15–18.
42. Бельский, С. М., Мухин Ю. А., Нейтральные углы и контактное давление при тонколистовой прокатке со скоростной асимметрией // Производство проката. 2007. № 11. с. 13–17.
43. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М., Мазур С. И. Особенности профилировок рабочих валков для клетей с осевой сдвижкой. Сообщение 1 // Производство проката. 2007. № 12. с. 17–19.
44. Бельский, С. М. Влияние формы эпюры переднего удельного натяжения на распределение давления прокатки и выходных напряжений по ширине полосы // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2008. № 1. с. 43–46.
45. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М., Мазур С. И. Особенности профилировок рабочих валков для клетей с осевой сдвижкой. Сообщение 2 // Производство проката. 2008. № 1. с. 21–24.
46. Бельский, С. М. О некоторых эффектах применения осевой сдвижки рабочих валков // Производство проката. 2008. № 7. с. 21–24.

## Минерализация пластовых вод, выделенных из местных водонефтяных эмульсий

Ямалетдинова Айгуль Ахмадовна, преподаватель;  
Абдуллаева Шохиста Шухратовна, преподаватель  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В процессе добычи нефти попутно извлекается пластовая минерализованная вода, от качества которой зависит устойчивость образующейся водонефтяной эмульсии.

Известно, что пластовая минерализованная вода образует с нефтью более устойчивые и быстро стареющие эмульсии, чем пресная вода. При столкновении таких глобул воды не происходит их коалесценция из-за наличия в граничных слоях прочной гидрофобной пленки эмульгатора. Поэтому для слияния глобул воды необходимо эту пленку разрушить и заменить её гидрофильными слоями, какого-либо ПАВ.

Вода с растворенными в ней слоями находится в извлеченной из пласта нефти в виде мелких капель размером от 1,6 до 250 мкм [1]. Причем, капли соленой воды сорбируют на своей поверхности натуральные эмульгаторы (нефтяные капли, асфальтено-смолистые вещества и др.), что обуславливает образование устойчивых эмульсий, затрудняющих укрупнение и осаждение капель воды и механических примесей.

Наличие в наступающей на переработку нефти хлоридов и воды способствует хлористоводородной коррозии оборудования, сокращению срока службы дорогостоящих катализаторов и др. При снижении содержания хлоридов до 5 мг/л из нефти удаляются такие металлы, как железо, кальций и магний. Содержание ванадия снижается более чем в два раза [2].

Кроме того, в пластовых водах могут присутствовать йодистые и бромистые соли щелочных и щелочноземельных металлов, сульфиды натрия, железа, кальция, соли ванадия, мышьяка, германия и др.

Помимо хлоридов пластовые воды могут содержать значительное количество бикарбонатов кальция и магния, которые часто называют солями временной жесткости [3].

Традиционно степень минерализации пластовых вод характеризуется массой растворенного вещества в единице объема воды и может изменяться в сотни раз. Помимо солей, образующих истинные растворы, в пластовых водах содержатся химические соединения, образующие неустойчивые коллоидные растворы, (золи), такие как  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , твердые неорганические вещества, нерастворимые в воде и находящиеся во взвешенном состоянии.

Поэтому, наряду с жестким контролем остаточного содержания воды в нефти требуется минимизация и остаточного количества в ней различных солей.

По действующей классификации пластовые воды делят на [4]: — хлоркальциевые и щелочные.

Причем, последние в свою очередь разделяются на: хлориднощелочные и хлоридносульфатщелочные.

Нами изучен химический состав солей в пластовых водах, выделенных из местных водонефтяных эмульсий по стандартным методам [5]. Результаты анализов представлены в таблице 1.

Из таб.1 видно, что основную долю растворенных солей в пластовых водах, выделенных из водонефтяных эмульсий местных нефтей составляют хлориды натрия, магния и кальция. Содержание йодистых и бромистых солей щелочных и щелочноземельных металлов и других исчисляются сотыми, тысячными и ещё меньшими долями процентов.

Таблица 1. Химический состав солей в пластовых водах, выделенных из местных водонефтяных эмульсий

Месторождение	Содержание солей, мг/г			
	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	NaOH
Кокдумалак (контроль)	245	51	101	10,5
С. Уртабулак	268	62	125	12,8
Крук	253	58	110	13,4
Ю. Аламышик	215	47	98	12,1
Андижан	164	35	87	7,4
Зеварды	310	43	96	8,2
Шурчи	265	63	90	21,3
Джаркак	282	75	115	16,4
Амударья	655	118	164	23,5
Ляльмикар	694	129	160	22,2
Коштар	586	134	181	25,1
Кокайты	498	115	173	25,7
Миршади	577	127	155	23,6

Поэтому, о минерализации пластовых вод часто судят по содержанию ионов хлора в единице объема эмульсии с последующим пересчетом на эквивалент натриевых солей [6].

Абсолютное содержание хлоридов в обводненной нефти не дает представления о степени минерализации пластовых вод. Поэтому, одновременно с солями в нефти определяют и её обводненность в процентах [7].

В пластовых водах, выделенных из местных водонефтяных эмульсий, помимо хлоридов, обнаружено в малых количествах (до 1,5–2,5 мг/г) бикарбонаты кальция и магния, которые часто называют солями временной жесткости.

Анализ данных в таб. 1 показал, что не смотря на территориальную близость месторождений, содержание солей и механических примесей может сильно различаться, что требует проведения их индивидуального исследования.

Таким образом, как видно для эффективной подготовки местных нефтей к промышленной переработке необходимо уделить особое внимание процессам их обессоливания и обезвоживания, т.к. чем полнее обезвожена нефть, тем полнее она обессоливается.

Полученные сведения о количестве и содержании солей в пластовых водах, выделенных из местных водонефтяных эмульсий могут быть использованы при смешивании и дальнейшей переработке таких нефтей.

#### Литература:

1. Черножуков, Н. И. Технология переработки нефти и газа. 4. I.М.: Химия, 1979–424с.
2. Громов, В. П. Промысловая подготовка нефти за рубежом. ЦНИИТИнефтегазпром. М.: 1983–45с.
3. Громов, В. П. Разрушение эмульсий при добыче нефти. М.: Недра, 1974–241с.
4. Позднышев, Г. Н. Стабилизация и разрушение нефтяных эмульсий. М.: Химия, 1982–156с.
5. Атауллаев, Ф. Ш. Комбинированный способ интенсификации процесса разрушения устойчивых водонефтяных эмульсий местных нефтей. Диссертация на соискание ученой степени канд.тех.наук. Ташкент, 2007–137с.
6. Медведев, В. Д. Сбор и подготовка неустойчивых эмульсий на промыслах. М.: Недра, 1987–278с.
7. Громов, В. П. Промысловая подготовка нефти. М.: Недра, 1977–181с.

## Использование новой технологии электрохимической активации щелочных реагентов локальных канализационных очистных сооружений для повышения их барьерной функции по отношению к ионам тяжелых металлов

Яхкинд Михаил Ильич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
Пензенский государственный технологический университет

Андреев Сергей Юрьевич, доктор технических наук, профессор;  
Сафронов Максим Александрович, кандидат технических наук, доцент;  
Князев Владимир Александрович, аспирант  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Приведены результаты лабораторных исследований технологии очистки сточных вод гальванопроизводств, предусматривающей электроактивацию растворов щелочных реагентов с образованием феррата натрия. Показано, что электроактивация 30% раствора каустической соды позволяет снизить концентрации ионов тяжелых металлов в очищенных сточных водах: железа в 66 раз; меди в 90–146 раз; цинка в 56–100 раз; кадмия в 4 раза, хрома (III) в 3–6 раз.*

**Ключевые слова:** щелочной реагент, феррат натрия, мембранный электролизер; реагентная очистка; электроактивация.

Одним из основных технологических приемов обезвреживания сточных вод гальванопроизводств, содержащих ионы тяжелых металлов является реагентный метод, предусматривающий дозирование в сточные воды щелочных реагентов.

Традиционно используемый на станциях нейтрализации реагентный метод осаждения катионов тяжелых металлов в виде их гидроксидов не обеспечивает необходимой степени извлечения из сточных вод высокотоксичных компонентов. В очищенных этим методом сточных водах присутствуют значительные остаточные концентрации ионов тяжелых металлов, находящихся в виде комплексных соединений. Разрушить эти соединения можно методами химической деструкции.

Методы химической деструкции загрязнений широко применяются в процессах очистки и доочистки сточных вод. Сущность процессов реагентной деструкции заключается в окислении загрязняющих соединений сточных вод в ходе протекания окислительно-восстановительных реакций [1–2].

Одним из наиболее мощных реагентов-окислителей является феррат натрия. Окислительный потенциал феррата натрия (в кислой среде  $E^\circ = +2,2$  В) выше окислительного потенциала озона и является наибольшим в ряду реагентов-окислителей, используемых в настоящее время.

Феррат натрия проявляет ярко выраженные окислительные свойства и способен окислять многие токсичные вещества до малотоксичных продуктов. Окислительные и дезинфицирующие свойства феррата натрия были описаны многими авторами [1–2].

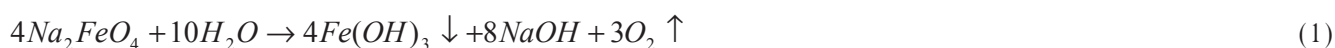
Феррат натрия представляет собой экологически чистый реагент-окислитель. В ходе обработки сточных вод феррат-ионами происходит восстановление железа с +6 до +3; в результате образуется нетоксичное соединение, обладающее ярко выраженными коагулирующими и флокулирующими свойствами, — гидроксид железа (III) («ржавчина»). Поэтому феррат натрия может выступать в роли мощного дезинфицирующего, дезодорирующего и коагулирующего реагента.

На основании этого для активации щелочных реагентов, используемых на локальных канализационных очистных сооружениях гальваносток, было предложено осуществлять на их основе технологический процесс электрохимического синтеза феррата натрия.

Наиболее простым и технологичным способом получения щелочного раствора феррата натрия является обработка крепкого раствора щелочи в электролизере с железным анодом.

С целью повышения выхода по току основного продукта предлагается разделять прикатодные и прианодные области электролита в электролизере неселективной мембраной, что позволяет предотвратить восстановление на катоде образовавшегося феррата натрия.

Феррат натрия является нестабильным соединением, в присутствии воды он со временем разлагается с выделением кислорода.



Период полураспада раствора феррата натрия в 40% щелочи (NaOH) составляет 7 суток.



Будучи сильным окислителем, феррат натрия легко окисляет комплексные соединения тяжелых металлов, что должно способствовать повышению эффективности процесса реагентной очистки сточных вод гальванопроизводств. При этом феррат натрия, в отличие от хлора, не образует токсичных продуктов реакции.

Продуктом ферратной обработки является гидроксид железа (Ш), выступающий в роли коагулянта. Поэтому ферратная обработка позволит увеличить гидравлическую крупность образующегося осадка и существенно интенсифицировать работу сооружений, предназначенных для осветления сточных вод.

Окислительно-восстановительный потенциал феррат-ионов зависит от рН среды.

В кислой среде уровень окислительно-восстановительного потенциала феррат-ионов достигает величины  $E^0 = +2,2 \text{ В}$



В нейтральной и щелочной среде значение окислительно-восстановительного потенциала феррат-ионов  $E^0 = +0,72 \text{ В}$ .



В процессе взаимодействия с водой одна молекула феррата натрия образует 5 ионов  $\text{OH}^-$ , что обуславливает повышенный уровень щелочности обработанных сточных вод, вследствие чего можно ожидать существенного сокращения расхода щелочных реагентов на локальных очистных сооружениях гальваностокков.

На первом этапе исследований проводилось изучение влияния концентрации раствора каустической соды на стабильность полученного реагента-окислителя.

Исследовали модельные растворы каустической соды в водопроводной воде с массовой концентрацией щелочи по товарному продукту 50% и 30%.

В первой серии опытов в электролизер заливали 100 мл 50% раствора каустической соды и проводили электрообработку. Полученный образец активированного 50% раствора каустической соды, содержащий 1% феррата натрия, хранили в темном месте при температуре 20°C. Период полного распада 1% раствора феррата натрия в 50% растворе каустической соды составил 360 ч.

Во второй серии опытов в электролизер заливали 100 мл 30% раствора каустической соды и проводили его электрообработку. Период полного распада 1% раствора феррата натрия в 30% растворе каустической соды составил 140 ч.

На втором этапе исследований проводили изучение процесса реагентной очистки реальных сточных вод гальванопроизводств с использованием активированных растворов каустической соды. Сточные воды отбирали в мерный стакан вместимостью 1 л, и в них дозирующим устройством переменного объема вводили раствор каустической соды. Перемешивание сточных вод с реагентами осуществляли с помощью магнитной мешалки.

Было проведено четыре серии экспериментов — две для 50% и две для 30% раствора каустической соды. В контрольных сериях использовали неактивированные растворы каустической соды. В опытных сериях экспериментов использовали активированные растворы каустической соды, прошедшие обработку в электролизере (т.е. содержащие феррат натрия).

После 15-минутного перемешивания в сточные воды дозировали флокулянт (полиакриламид). Сточные воды перемешивали в течение 3 минут, затем отключали магнитную мешалку, сточные воды отстаивались в течение 30 минут. Осветленные сточные воды отбирали на химический анализ. Часть объема отобранных осветленных сточных вод подвергли фильтрации через бумажный фильтр. Полученный фильтрат также отправляли на химический анализ.

Дополнительно повысить эффективность химического осаждения ионов тяжелых металлов можно за счет применения реагентов-осадителей, содержащих сульфидные соединения. Было принято решение изучить возможность дополнительной обработки сточных вод, прошедших очистку с использованием активированного раствора каустической соды, сульфидом натрия (концентрация сульфида натрия по товарному продукту в обрабатываемых сточных водах 10 мг/л).

Результаты исследования процесса очистки сточных вод гальвано-производств с использованием 50% растворов щелочи (каустической соды) представлены в табл. 1.

В процессе реагентной обработки сточных вод как в контрольной, так и в опытной серии экспериментов в мерный стакан дозировали по 0,42 мл раствора щелочи. При добавлении неактивированного раствора каустической соды значение рН сточных вод увеличилось до 9,52. При добавлении активированного раствора каустической соды значение рН сточных вод возросло до 9,61.

Более значимое увеличение уровня рН сточных вод при добавлении в них активированного раствора каустической соды может быть объяснено протеканием реакции окисления ферратом натрия, сопровождающейся выделением  $\text{OH}^-$ -ионов (согласно уравнению (3)).

Таблица 1. Результаты исследований процесса очистки сточных вод гальвано-производств с использованием 50% растворов щелочи

Показатели загрязнений сточных вод	Концентрации загрязнений в исходных сточных водах, мг/л	Концентрации загрязнений в сточных водах, обработанных щелочью, после отстаивания, мг/л	Эффект очистки сточных вод с использованием щелочи после отстаивания, %	Концентрации загрязнений в сточных водах, обработанных активированной щелочью, после отстаивания, мг/л	Концентрации загрязнений в сточных водах, обработанных активированной щелочью, после отстаивания и фильтрации, мг/л	Концентрации загрязнений в сточных водах, обработанных активированной щелочью и сульфидом, после отстаивания и фильтрации, мг/л	Эффект очистки сточных вод с использованием активированной щелочи и сульфида после отстаивания и фильтрации, %
Железо	19,75	3,29	83,3	1.99	- 0.05	<0,05	99,8
Медь	0,74	0,45	39,2	0,23	<0,005	<0,005	99,3
Хром (Ш)	1,92	0,64	66,7	0,73	0,26	0,26	86,5
Цинк	1,92	0,28	85,4	<0,005	<0,005	< 0.005	99,7
Кадмий	1,20	0.02	98,3	0,1	0,015	< 0.005	99,6

Результаты исследования процесса очистки сточных вод гальвано-производств с использованием 30% растворов щелочи (каустической соды) представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты исследований процесса очистки сточных с использованием 30% растворов вод гальвано-производств щелочи

Показатели загрязнений сточных вод	Концентрации загрязнений в исходных сточных водах, мг/л	Концентрации загрязнений в сточных водах, обработанных щелочью, после отстаивания, мг/л	Эффект очистки сточных вод с использованием щелочи после отстаивания, %	Концентрации загрязнений в сточных водах, обработанных активированной щелочью, после отстаивания, мг/л	Концентрации загрязнений в сточных водах, обработанных активированной щелочью, после отстаивания и фильтрации, мг/л	Концентрации загрязнений в сточных водах, обработанных активированной щелочью и сульфидом, после отстаивания и фильтрации, мг/л	Эффект очистки сточных вод с использованием активированной щелочи и сульфида после отстаивания и фильтрации, %
Железо	2,30	<0,05	97,8	< 0.05	<0,05	<0,05	97,8
Медь	1,72	0,73	57,6	0,31	<0,005	<0,005	99,7
Хром (Ш)	0,90	0,28	68,9	<0,05	<0,05	<0,05	94,4
Цинк	0.78	0,50	35,9	0,18	<0,005	<0,005	99,4
Кадмий	1,02	0,02	98,0	0,07	0.01	<0,005	99,5

В процессе реagentной обработки сточных вод в контрольной серии экспериментов в мерный стакан добавляли 0,32 мл неактивированного раствора щелочи. Значение pH сточных вод увеличилось до 9,86. После 15-минутного перемешивания сточных вод магнитной мешалкой уровень pH сточных вод понизился до 9,4, что может быть объяснено образованием гидроксидов тяжелых металлов.

В опытной серии экспериментов при реagentной обработке сточных вод в мерный стакан добавляли 0,27 мл активированного раствора щелочи. Значение pH сточных вод увеличилось до 9,75. После 15-минутного перемешивания сточных вод магнитной мешалкой, несмотря на интенсивные образования хлопьев гидроксидов тяжелых металлов, уровень pH сточных вод повысился до 9,86.

Процесс повышения уровня pH сточных вод после их обработки активированным раствором щелочи, как было указано выше, может быть объяснен протеканием реакции окисления ферратом натрия, сопровождающейся выделением  $OH^-$ -ионов.

Таким образом, активационная обработка 30% раствора каустической соды в мембранном электролизере с железным анодом позволяет уменьшить расход щелочи на процесс реагентной очистки сточных вод гальванопроизводств в 1,19 раза.

Выделяющийся в процессе гидролиза феррата натрия гидроксид железа (Ш) является коагулянтом. Поэтому использование активированного раствора каустической соды позволило существенно улучшить седиментационные свойства образующегося осадка. Гидравлическая крупность образующегося в контрольной серии экспериментов осадка составила  $u_0 = 0,4-0,7$  мм/с, а в опытной серии экспериментов гидравлическая крупность образующегося осадка достигала значений  $u_0 = 3-5$  мм/с.

Значительное повышение величины гидравлической крупности осадка, образующегося в процессе реагентной обработки сточных вод, позволит существенно интенсифицировать работу установленных на локальных канализационных очистных сооружениях осветлителей.

Внедрение на сооружениях по очистке сточных вод гальванопроизводств предлагаемой технологии активации щелочных реагентов может обеспечить достижение качества очищенных сточных вод, требуемого при сбросе их в водоем, и снизить концентрации ионов тяжелых металлов; железа — в 66 раз, меди — в 90–146 раз, цинка — в 56–100 раз, кадмия — в 4 раза, хрома (Ш) — в 3–6 раз.

Литература:

1. Яковлев, С. В. Водоотводящие системы промышленных предприятий / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков. — М: Стройиздат, 1990. — 510 с.
2. Перфильев, Ю. Д. Новая ферратная технология очистки воды / Ю. Д. Перфильев, Л. А. Куликов, С. К. Дедушенко. — М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2004. — 7 с.

## Технология получения ферратов, предусматривающая использование методов низкотемпературного и высокотемпературного окисления соединений железа

Яхкинд Михаил Ильич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
Пензенский государственный технологический университет

Андреев Сергей Юрьевич, доктор технических наук, профессор;  
Сафронов Максим Александрович, кандидат технических наук, доцент;  
Князев Владимир Александрович, аспирант  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Приведен литературный обзор первых работ по получению ферратов. Показано, что ферраты могут быть получены тремя основными группами методов: высокотемпературным окислением, химическим окислением и электрохимическим окислением. Для промышленного получения феррата, предпочтительным является способ электрохимического окисления железа, отличающийся высокой экологичностью, простотой, надежностью и безопасностью.*

**Ключевые слова:** ферраты, степень окисления, реагенты-окислители, электрохимическое окисление, высокотемпературное окисление.

В настоящее время в технологиях водоподготовки и очистки сточных вод широкое применение нашли реагенты-окислители. Одним из наиболее активных реагентов-окислителей является феррат натрия. Феррат натрия обладает окислительным потенциалом, превышающим окислительный потенциал озона. Его окислительный потенциал является наибольшим в ряду потенциалов реагентов-окислителей, используемых в настоящее время. Внедрение в практику очистки природных и сточных вод ферратов в настоящее время препятствует отсутствию экологически безопасных, простых и надежных технологий, позволяющих получить эти реагенты-окислители в промышленных масштабах.

Феррат калия впервые был описан французским ученым Фреми в 1841 г. [1]. Фреми исходил из предположения, что у железа могут быть соединения со степенью окисления более высокой, чем обычная +3, по аналогии с марганцем, для которого к тому времени уже были известны манганаты и перманганаты. В своих исследованиях он использовал методы, которые, по его мнению, должны были привести к получению таких соединений железа.

В своих работах [1–3] Фреми описал несколько методов получения феррата калия, которые он отнес к двум группам:

– высокотемпературное окисление оксида железа (III) и железа в твердом виде («сухой способ» в терминологии Фреми);

– химическое окисление гидроксида железа (III) в щелочных растворах («мокрый способ»).

Для высокотемпературного окисления Фреми описал четыре варианта проведения процесса:

1) взаимодействие оксида железа (III) с оксидом калия в токе воздуха или, лучше, кислорода:



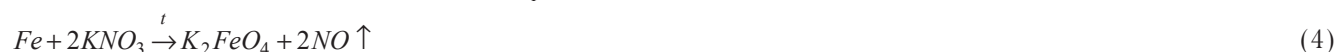
взаимодействие оксида железа(III) с пероксидом калия также в присутствии воздуха или кислорода:



взаимодействие оксида железа(III) с оксидом калия и нитратом калия:



взаимодействие металлического железа с нитратом калия:



Проведя синтез по варианту 1, Фреми предположил, что эта реакция идет через пероксид калия. Поэтому далее он получил пероксид калия, провел синтез по варианту 2 и нашел, что в этом случае процесс идет лучше.

Вариант 3 отличается от варианта 1, по существу, только тем, что источником кислорода является нитрат калия, и процесс также идет лучше, чем по первому варианту, вероятно, потому, что не надо подавать кислород извне.

Предложив вначале три варианта высокотемпературного окисления [1], немного позже Фреми добавил к ним еще один [2], причем считал его наилучшим, поскольку синтез по вариантам 1–3 не всегда проходил успешно [3].

Следует отметить, что в то время химикам уже была известна реакция взаимодействия железа с нитратом калия, дающая оксид железа (III) (с выделением тепла, обычно со взрывом):



Фреми предположил, что при действии на образующийся оксид железа(III) оксида калия и кислорода может получаться феррат калия (как в варианте 1):



Фреми удалось подобрать условия, чтобы получить именно феррат калия. Для этого он нагревал железные опилки до красного каления, а потом добавлял к ним в нужной пропорции высушенный и мелко растертый нитрат калия.

По-видимому, механизм реакции взаимодействия железа и нитрата калия не такой, как предполагал Фреми (с выделением NO, что у него не было отмечено), но для получения феррата калия это не имеет значения.

Ферраты достаточно легко распознаются по характерной окраске — темные красно-фиолетовые кристаллы, соответствующую окраску имеют и растворы.

Другими учеными была описана реакция оксида железа (III) с нитратом калия без оксида калия, что следует считать модификацией варианта 3 [4, 5] (вероятная схема процесса, протекающего с выделением газа):



Для низкотемпературного химического окисления Фреми предложил «мокрый способ» — действие газообразного хлора на суспензию гидроксида железа (III) в концентрированном растворе гидроксида калия, по аналогии с уже известным в то время процессом получения перманганата [1–3]:



Процесс, по мнению Фреми, идет через гипохлорит калия [2]:



Если гидроксид калия взят в избытке, происходит осаждение феррата калия. Для получения чистого продукта Фреми растворял феррат калия в воде и осаждал его концентрированным раствором гидроксида калия [3].

Кроме того, Фреми получил феррат натрия химическим окислением, однако ему не удалось осадить его в твердом виде из-за более высокой растворимости этой соли. Получить феррат натрия высокотемпературным окислением по 4-му варианту ему не удалось из-за меньшей реакционной способности нитрата натрия. Также им были получены некоторые другие соли обменными реакциями с ферратом калия [3].

Дополнительно можно отметить, что позже был получен феррат натрия действием пероксида натрия на железо в воздухе, процесс в этом случае, скорее всего, идет через оксид железа(III), т. е. по варианту 2 высокотемпературного окисления [6].



В том же 1841 г. немецкий ученый Поггендорф (знакомый с работой Фреми [1]) предложил принципиально иной метод получения ферратов — электрохимическое окисление [7] (что считают третьей группой методов). Он проводил эксперименты, в которых использовал гальваническую цепь, включающую платиновую пластину, погруженную в раствор азотной кислоты (катод), и пластины из различных материалов, погруженные в концентрированный раствор гидроксида калия (анод). Для ряда материалов на аноде просто наблюдалось выделение кислорода (графит, платина, никель и др.), для других этот процесс сопровождался окислением материала анода — потускнением и образованием покрытия на его поверхности (серебро, медь, сурьма и др.). И только чугун растворялся, давая раствор с характерной винно-красной окраской (с попутным выделением кислорода). Из полученного раствора со временем выпадал осадок оксида железа(III). По этим признакам Поггендорф сделал вывод, что в данном случае идет процесс окисления железа с образованием феррата калия.



При этом процесс получения феррата калия шел только для двух видов чугуна, с которыми он работал. Еще один вид чугуна давал незначительное количество этого продукта, а другой не давал его вообще. Обычная сталь того времени также давала незначительное количество феррата калия, а кованое железо (самое чистое железо того времени) не давало вообще. Сила тока в этих случаях имела близкое значение, и Поггендорф объяснил это явление присутствием в реагирующем чугуне частиц углерода. Он считал, что этот способ синтеза лучше предложенных Фреми, однако не выделил феррат калия в осажденном виде.

Фреми также показал, что оксид железа, соответствующий железной кислоте, имеет формулу  $FeO_3$  [3]. Его метод анализа включал термическое разложение феррата калия в растворе, определение количества выделившегося кислорода и количества выпавшего в осадок оксида железа(III) (состав которого в то время был уже известен). Сопоставление этих количеств подтвердило формулу  $FeO_3$ .

Независимо от Фреми подобный анализ с теми же результатами выполнил Смит [4], причем он использовал феррат калия, полученный высокотемпературным окислением.

Другой метод анализа использовал Розе [8]. Он включал восстановление в растворе феррата калия, полученного электрохимическим окислением, газообразным диоксидом серы до оксида железа(III), отделение выпавшего осадка (и удаление остатков газа) и осаждение из раствора образовавшегося сульфата добавлением хлорида бария. Количество полученного сульфата бария было пропорционально количеству кислорода, высвободившегося из феррата калия. Сопоставление количества оксида железа(III) и количества сульфата бария также подтвердило формулу  $FeO_3$ .

Эти исследования показали, что при всех указанных способах получения феррата калия образуется один и тот же продукт.

Долгое время ферраты оставались чисто лабораторными продуктами, которые исследователи получали сами. Ситуация изменилась только после 1950 г., когда был предложен метод химического окисления, в котором вместо хлора использовали гипохлорит натрия (как было указано, еще Фреми предполагал, что окисление хлором идет через гипохлорит [2]):



Согласно первоначальному варианту [9], к щелочному раствору гипохлорита натрия добавляли пасту гидроксида железа(III), полученную из хлорида железа(III) и гидроксида натрия в воде. Процесс проводили при 50–55°C с добавлением твердого гидроксида натрия. Продукт высаждали в виде феррата калия (эта соль менее растворима) твердым гидроксидом калия при охлаждении и переосаждали из раствора гидроксида калия с промывкой этанолом. Этот лабораторный вариант давал выход до 15%.

Согласно модифицированному варианту [10], к щелочному раствору гипохлорита натрия просто добавляли твердый нитрат железа(III), процесс проводили при 25–30°C с добавлением твердого гидроксида калия. Далее процесс вели подобно первоначальному варианту, выходом по основному продукту до 76%.

Насколько нам известно, именно по этому методу было начато производство феррата калия, что сделало возможным его практическое применение [11].



На основании этой информации можно сделать вывод, что, по существу, еще Фреми и Поггендорф определили три основные группы методов получения ферратов, которые используются и в наше время:

химическое окисление соединений железа (II) и (III) в щелочных растворах; электрохимическое окисление железа в щелочных растворах; высокотемпературное окисление железа, соединений железа (II) и (III) в твердом виде.

Химическое окисление требует применения газообразного хлора или гипохлорита натрия, что неудобно с экологической точки зрения. Для реализации высокотемпературного окисления необходимы высокие температуры, а также твердые окислители, что делает этот процесс взрывоопасным.

Таким образом, проведенный обзор технологических процессов синтеза высокоэффективных реагентов-окислителей позволяет сделать вывод, что предпочтительным методом промышленного получения ферратов является электрическое окисление металлического железа в щелочной среде.

#### Литература:

1. Fremy, E. Recherches sur faction des peroxides alcalins sur les oxides metalliques / E. Fremy // Compt. Rend. Acad. Sci. 1841. 12, 23–24.
2. Fremy, E. Recherches sur les acides metalliques / E. Fremy // Compt. Rend. Acad. Sci. 1842, 14, 442–446.
3. Fremy, E. Recherches sur les acides metalliques / E. Fremy // Ann. Chim. Phys. 1844, 12, 361–382.
4. Smith, J. D. On the composition of an acid oxide of iron (ferric acid) / J. D. Smith // Phil. Mag. 1843, 23, 217–225.
5. Wittstein, G. C. Beitrag zur Bildung und Darstellung der Eisensaure / G. C. Wittstein // Repertor. Pharm. 1845, 89 (39), 176–179.
6. Wallace, T. Some properties of fused sodium hydroxide / T. Wallace, A. Fleck // J. Chem. Soc. Trans. 1921, 119, 1839–1860.
7. Poggendorff, J. C. Ueber die Frage, ob es wirksame galvanische Ketten ohne primitive chemische Action gebe, und uber die Bildung der Eisensaure auf galvanischem Wege / J. C. Poggendorff // Ann. Phys. Chem. 1841, 130 (54), 353–377.
8. Rose, H. Ueber die Zusammensetzung der Eisensaure / H. Rose // Ann. Phys. Chem. 1843, 135 (59), 315–325.
9. Hrostowski, H. J. The magnetic susceptibility of potassium ferrate / H. J. Hrostowski, A. B. Scott // J. Chem. Phys. 1950, 18, 105–107.
10. Thompson, G. W. Preparation and purification of potassium ferrate VI / G. W. Thompson, L. T. Ockerman, J. M. Schreyer // J. Amer. Chem. Soc. 1951, 73, 1379–1381.
11. Андреев, С. Ю. Интенсификация очистки производственных сточных вод с использованием окислителя на основе феррата натрия / С. Ю. Андреев, И. А. Гарькина, Н. Н. Ласьков, В. А. Князев // Региональная архитектура и строительство. — 2014. — № 2. — с. 152–156.

# Молодой ученый

Научный журнал  
Выходит два раза в месяц

№ 12 (92) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметова Г. Д.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Каленский А. В.  
Куташов В. А.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Авдеюк О. А.  
Айдаров О. Т.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
Жураев Х. О.  
Игнатова М. А.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кузьмина В. М.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Матроскина Т. В.  
Матусевич М. С.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенцов А. Э.  
Сенюшкин Н. С.  
Титова Е. И.  
Ткаченко И. Г.  
Фозилов С. Ф.  
Яхина А. С.  
Ячинова С. Н.

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Бидова Б. Б. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Демидов А. А. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Игисинов Н. С. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Кайгородов И. Б. (Бразилия)  
Каленский А. В. (Россия)  
Козырева О. А. (Россия)  
Колпак Е. П. (Россия)  
Куташов В. А. (Россия)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.  
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

E-mail: info@moluch.ru

http://www.moluch.ru/

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 26