

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
 БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕРВИСА»  
 (ФГБОУ ВПО «ПВГУС»)



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ (ITRT-2015)

### V международная заочная научно-техническая конференция

Сборник статей

Июнь 2015 года

Тольятти 2015

УДК 004;621.396.6;621.397  
 ББК 32.81;32;32.973.292  
 И 74

*Председатель редакционной коллегии*  
 ректор ПВГУС, д-р экон. наук, проф. **Л. И. Ерохина**

*Зам. председателя редакционной коллегии*  
 декан факультета информационно-технического сервиса ПВГУС,  
 д-р техн. наук, проф. **В. В. Иванов**

*Члены редакционной коллегии:*  
 зав. кафедрой «Информационные технологии и управляющие системы» Технологического университета (г. Королёв, Московская обл.), д-р техн. наук, проф. **В. М. Артюшенко**  
 проректор по учебной работе Гродненского государственного университета им. Янки Купалы (Беларусь), д-р техн. наук, проф. **В. Г. Барсуков**  
 декан факультета компьютерных технологий и управления, зав. кафедрой «Системы управления и информатика» Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, д-р техн. наук, проф. **А. А. Бобцов**  
 и. о. проректора по научно-исследовательской работе и инновационной деятельности Донского государственного технического университета (г. Ростов-на-Дону)  
 к.т.н., доц., **А.Д. Лукьянов**  
 зав. кафедрой «Информационный и электронный сервис» ПВГУС,  
 канд. техн. наук, доц. **В. И. Воловач**  
 декан факультета базового телекоммуникационного образования Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (г. Самара),  
 д-р физ.-мат. наук, проф. **А. Г. Глуценко**  
 декан факультета химической техники и кибернетики, зав. кафедрой «Техническая кибернетика и автоматика» Ивановского государственного химико-технологического университета, д-р техн. наук, проф. **А. Н. Лабутин**  
 проректор по учебной и научно-педагогической работе Одесского национального политехнического университета (Украина),  
 д-р техн. наук, проф. **С. А. Нестеренко**  
 заместитель директора по научно-исследовательской работе Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Донского государственного технического университета, заведующий кафедрой «Информационные системы и радиотехника» (г. Шахты, Ростовская обл.),  
 д-р техн. наук, проф. **Н. Н. Прокопенко**  
 директор филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Самарское отделение научно-исследовательского института радио»,  
 канд. техн. наук, доц. **М. Ю. Сподобаев**  
 профессор кафедры «Электроснабжение и электротехника» Тольяттинского государственного университета,  
 д-р техн. наук **В. К. Шакурский**

*Научный секретарь*  
 ассистент кафедры «Информационный и электронный сервис» ПВГУС **К. В. Анфалов**

И 74 **Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2015)** : сб. статей V международной заочной научно-технической конференции. Ч. 1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2015. – 364 с.

УДК 004;621.396.6;621.397  
 ББК 32.81;32;32.973.292

Сборник включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).  
 Доступ на электронную версию сборника – [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

© Поволжский государственный университет сервиса, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Воловач В. И., Артюшенко В. М.</b> Research and analysis of statistical characteristics of signal during the detection and measurement of parameters of motion of extended objects .....	7
<b>Воловач В. И., Артюшенко В. М.</b> The evaluation of statistical characteristics of durations of emission envelope of processed signal that has a non-Gaussian distribution.....	13
<b>Аббасов А. Э.</b> Перспективы развития аддитивных технологий .....	21
<b>Аббасова Т. С.</b> Использование технологий n-мерного моделирования для эффективного проектирования телекоммуникационных систем.....	27
<b>Аникин В. И., Карманова А. А.</b> Анализ и визуализация кластеризации многомерных данных нейронной сетью Кохонена в электронных таблицах.....	33
<b>Анфалов К. В., Железнов А. Д.</b> Разработка программного обеспечения для удалённого управления сетевым стендом .....	42
<b>Анфалов К. В., Салауров Д. А., Тимофеев И. В.</b> Программно-аппаратный комплекс для управления телекоммуникационным оборудованием D-Link.....	48
<b>Анфалов К. В.</b> Области применения системы передачи данных по занятым телефонным каналам .....	52
<b>Артёмченко О. В., Скорик А. А.</b> Автоматизация расчета показателей публикационной активности сотрудников вуза .....	57
<b>Артюшенко В. М., Воловач В. И.</b> Определение вероятностей обнаружения сигналов на фоне внутриприемного гауссовского шума на входе приемника РУО .....	62
<b>Артюшенко В. М., Воловач В. И.</b> Исследование параметров спектров доплеровских сигналов радиотехнических устройств обнаружения ближнего действия .....	69
<b>Артюшенко В. М., Воловач В. И.</b> Определение вероятностных характеристик радиотехнических устройств обнаружения при нормальном распределении ПРВ дальности до протяженного объекта .....	75
<b>Бакке А. В.</b> Исследование алгоритмов частотной и временной синхронизации OFDM сигналов .....	84
<b>Балашова Т. В., Сидорова А. С., Рубайло Е. А.</b> Исследования характеристик высокочастотного канала структурированной кабельной сети.....	90

<b>Берестнев Д. Ю., Воробьев И. В., Амплиев А. Е.</b> Затухание оптического излучения на макроизгибах оптического волокна... 97	97
<b>Богданова Ю. А.</b> Обоснование разработки информационного ресурса для создателей электронных учебно-методических материалов.....	104
<b>Болобанова М. А., Рыль О. А., Яницкая Т. С.</b> Анализ проблем при внедрении системы менеджмента качества на малых предприятиях .....	108
<b>Болобанова М. А., Рыль О. А., Яницкая Т. С.</b> Исследование принципов организации адаптивных систем баз знаний .....	114
<b>Бондарь К. В., Николаенко В. Л., Сечко Г. В.</b> Ограничение анонимного доступа к интернету на предприятии .....	119
<b>Бочаров А. С., Царев П. В., Шурупов В. В.</b> Исследование электрогидравлического привода с помощью пакета моделирования Simulink.....	123
<b>Бочаров А. С., Шабанов И. Ф., Губанов К. А.</b> Исследование системы электроснабжения постоянного тока самолета с помощью пакета моделирования Simulink .....	129
<b>Бранцевич П. Ю.</b> Модели вибрационных сигналов для механизмов с вращательным движением при изменении частоты вращения ротора .....	136
<b>Бровко С. С., Поликарпов С. В.</b> Контейнерная система Docker как инструмент процесса обучения .....	143
<b>Будилов В. Н., Ермолов А. Г.</b> Анализ алгоритмов видеоконтроля механических колебаний .....	147
<b>Бутузов С. А., Мартынова А. С., Яницкая Т. С.</b> Разработка и администрирование web-сайта предприятия ЗАО "Правобережный завод стройконструкций" .....	159
<b>Васильев Е. В., Тимофеев М. И.</b> Экспериментальные исследования сонара с широкополосным зондирующим сигналом .....	166
<b>Васильева А. С.</b> К вопросу использования эффекта повышенной чувствительности в радиотехнических устройствах ближней дальности .....	172
<b>Воробьев И. В., Берестнев Д. Ю.</b> Методика проектирования кодеков Рида-Соломона на ПЛИС фирмы Xilinx.....	180
<b>Герасименко Л. В., Головаченко Б. С.</b> Интерполяция траектории движения судов при обработке данных навигационных измерений .....	184
<b>Гильмутдинов Р. Ф., Кирпичников А. П.</b> Замкнутые многоканальные системы массового обслуживания с отказами.....	189

<b>Глуценко А. Г., Устинова Е. С.</b> Отражение акустических волн от подвижной границы раздела независимых сред.....	196
<b>Горбатенко О. А.</b> Проектирование полосовых фильтров в пакете «Micro-Cap-9».....	201
<b>Григорьев А. А., Охрименко А. А., Сидорчук И. П.</b> О некоторых вопросах обеспечения безопасности государственных информационных систем в деятельности государственных органов Республики Беларусь.....	205
<b>Грушин Д. М.</b> Проектирование наблюдателя для двухплечевого робота с помощью метода, основанного на решении зависящего от состояния уравнения Риккати.....	212
<b>Данилова М. С.</b> Тестирование программного обеспечения и составление проектной документации.....	220
<b>Дмитриев В. Л.</b> Мультиагентное моделирование как средство изучения транспортных потоков на многополосной магистрали.....	225
<b>Дмитриев В. Л.</b> Автоматизированная система контроля знаний на основе использования блочной разметки теста.....	230
<b>Долгов Г. Ф.</b> Использование САПР SolidWorks в конструкторской подготовке бакалавров по направлению «Конструирование и технология электронных средств».....	234
<b>Егоров А. М.</b> Отказоустойчивая бортовая система управления наноспутника SamSat- 218D.....	238
<b>Елисеев С. Н., Струфелев Е. Д.</b> Применение технологии когнитивного радио в диапазоне ОВЧ ЧМ радиовещания.....	245
<b>Елисеев С. Н.</b> Беспроводное вещание мультимедиа контента с масштабируемым кодированием и модуляцией многократного разрешения.....	253
<b>Жуков Г. П., Гудков А. А.</b> Защита информации от руткитов.....	262
<b>Жураев Н., Кулдашов О. Х., Умирзакова Д. М.</b> Информационно-компьютеризованная система для регистрации, анализа фонокардиограмм.....	268
<b>Зачиняев Ю. В., Румянцев К. Е., Белова А. А.</b> Метод формирования сверширокополосных ЛЧМ-сигналов на основе волоконно-оптических линий задержки.....	276

<b>Зверева Н. Н.</b> Моделирование процессов обучения и контроля знаний в системах электронного обучения.....	280
<b>Зикий А. Н., Зламан П. Н., Гончарова Т. О.</b> Экспериментальное исследование выходного усилителя передатчика.....	287
<b>Зикий А. Н., Зламан П. Н., Доновская Т. В., Ковалева А. В.</b> Экспериментальное исследование двух керамических фильтров.....	291
<b>Игнатюк В. А., Сметанин С. И.</b> Мобильный терминал для DGPS системы спутникового мониторинга с динамическим алгоритмом передачи данных.....	296
<b>Кавляев Б. О.</b> Технология ZigBee в системе «Умный дом».....	300
<b>Кирпичников А. П., Титовцев А. С., Фадхкал З.</b> О моментах длины очереди в открытых системах массового обслуживания.....	309
<b>Кокорев С. А., Кузькин Н. А.</b> Анализ требований к устройствам сбора и обработки быстроменяющихся процессов на борту ракетно-космической техники...	316
<b>Кривошеев В. П., Колобеньков Д. А., Терещенко Н. В., Ануфриев А. В.</b> Моделирование динамических характеристик сложных объектов управления на примере этиленовой ректификационной колонны.....	324
<b>Кузнецов И. В., Филатов П. Е.</b> Об оценке качества группового кодека с дифференциальной импульсно- кодовой модуляцией.....	331
<b>Кузьмичев А. Б., Рудаков В. В.</b> Технология итерационного графического составления расписания учебных занятий в высшем учебном заведении.....	335
<b>Кузьмичев А. Б., Рудаков В. В.</b> Многопользовательская архитектура информационной системы.....	340
<b>Кузьмичев А. Б., Рудаков В. В.</b> Модель базы данных для составления расписаний.....	344
<b>Кузьмичев А. Б.</b> Рекуррентный алгоритм распознавания состояния программы на основе теории систем со случайной скачкообразной структурой.....	348
<b>Кузьмичев А. Б.</b> Компьютерная модель преобразователя с использованием пакета MATLAB для телекоммуникационных систем связи.....	353
<b>Кульга К. С., Виноградов П. В., Шишкина А. Ф.</b> Проблемы автоматизации бизнес-процессов разработки технологии изготовления отливок крупных корпусных деталей станочного оборудования.....	356

УДК 621.3

**В. И. Воловач\****\*Воловач Владимир Иванович, к.т.н., доцент**Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти**kaf\_iies@tolgas.ru***В. М. Артюшенко\****\*Артюшенко Владимир Михайлович, д.т.н., профессор**Технологический университет, г. Королёв Московской области**artuschenko@mail.ru***V. I. Volovach\****\*Volovach Vladimir Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor, head of department «Information and electronic service» Volga region state University of service, Togliatti**volovach.vi@mail.ru***V. M. Artyushenko\****\*Artyushenko Vladimir Mikhaylovich, doctor of technical sciences, professor, head of department «Information technologies and control systems» University of Technology, Korolev**artuschenko@mail.ru*

#### RESEARCH AND ANALYSIS OF STATISTICAL CHARACTERISTICS OF SIGNAL DURING THE DETECTION AND MEASUREMENT OF PARAMETERS OF MOTION OF EXTENDED OBJECTS

*Key words: short-range radar systems, extended object, vehicle, spectrum of Doppler signal, effective width of spectrum, scattering cross-section, speed of motion, acceleration of motion*

*The article shows that in the analysis and implementation of radio-technical devices operating at close ranges, one should be aware of the extensive nature of the detected object, multipath nature of the reflection of signals from the object, etc.*

*In the article we examine the results of experimental studies of the statistical characteristics and of the parameters of the Doppler signal spectrum for different models of extended objects. Analysis and generalization of the obtained results was carried out based on a big selection of fragments of the Doppler signal spectrum that allows us to consider these results as statistically reliable. It is shown that acceleration motion of the extended object has the greatest influence on the width of the spectrum of the Doppler signal and, consequently, on the accuracy of the measurement of its speed of movement.*

**Introduction.** Short-range radar systems (SRRS) are widely applied in various systems of measurement of movement parameters, protection systems of various objects, classification identification systems use the principle of short-range radar-location. [1-3]. Consequently, they should also use other characteristics than those applied in the theory of long range radio systems.

Doing the theoretical justification and practical implementation of any devices belonging to the class of SRRS, for example, measuring device of motion parameters of various objects, you should consider a number of specific features for short range, such as the extended nature of the detected object, the comparability of geometric dimensions of the object with the distance to it, multipath nature of the reflection of signals from such objects, etc.

**Problem statement.** As a result, it is necessary to analyze the characteristics of reflection of the sounding signal, to define the width of the Doppler spectrum of the signal, to select the method of definition and experimental determination of the scattering cross-section, and also to create on their basis mathematical models corresponding the real physical phenomena in SRRS taking into account the extended nature of the detected objects, constantly changing range, various laws of instantaneous detection probability, a priori uncertainty about the position of the object and its motion parameters [1, 2].

A priori knowledge of the statistical characteristics of signals and disturbing influences allows us to formulate more accurate mathematical models of the reflected signal as well as interferences influencing this signal and reasonable approach to the development of devices of SRRS. Previously the authors [4-6] have selected and justified models of disturbing influences on electronic detection devices (EDD) of high frequency type, which is a special case of SRRS taking into account multipath nature of the signals reflected from extended objects. It was noted that the probability density of the envelope of such a signal is well approximated by the PDF of Nakagami, and the PDF of the instantaneous values at specific values of the distribution parameters is clearly bimodal.

One of the objects of detection, changing motion parameters, ensuring traffic safety in the group, etc. SRRS are various vehicles of railway transport and road transport, which by their structure can be attributed to the extended objects of complex shape. Particularly interesting is the study of the above mentioned vehicles in connection with the special character of the reflections of the sounding signal coming from them. It is known [7, 8] that a vehicle as an object of detection is a complex spatially distributed radar target. Characteristics of the signal reflected from such a target, not only affect the range of SRRS, but also largely determine the number of other important indicators for such systems as: the accuracy of measurement of speed, resolution and other.

**Deliverables.** As is known, when we measure the motion parameters of any extended object with radio methods, the speed of its movement is determined by the Doppler frequency offset of the signal:

$$F_D = \frac{\Omega_D}{2\pi} \approx -f_0 \frac{2V_R}{c} \cos \varphi = -\frac{2V_R}{\lambda_0} \cos \varphi, \quad (1)$$

where  $V_R$  – is the radial velocity of movement of the detected extended object;  $\lambda_0$  – is the wavelength of the probing signal;  $\varphi$  – is the angle between the direction of the axis of the main lobe of the antenna directional diagram and the direction of movement of the extended object.

One of the most important statistical characteristics of the signal reflected from the extended object, affecting the accuracy of measurement of speed of its move-

ment, is the spectrum of the Doppler signal (SDS) [9]. The main parameters of the SDS are the average frequency of spectrum  $F_{D,A}$ , the shape of the envelope, the effective width  $\Delta F$  and power  $P_D$ .

The effective width of the SDS is determined by the resulting pattern of the directivity of the antenna in the plane of the angle  $\varphi$ . As noted by the authors previously [5] the effective width  $\Delta F$ , is also affected by the correlation interval. The interval characterizes the rate of change of a random process in time:

$$\Delta F = 1/\tau_C, \quad (2)$$

It is also shown that at a certain mutual arrangement of radio-technical sensor (RS), measuring the speed of the object and the vehicle, when the vehicle moves in the direction RS, the width of the Doppler spectrum of the received signal can be estimated by the formula

$$\Delta F_D = F_D \cos 2\Delta\alpha, \quad (3)$$

where  $2\Delta\alpha$  – is the angular size of the vehicle (in horizontal plane).

Determination of the parameters of the reflected signals, including the spectral parameters can be used in various applications [10-14].

Next, let us proceed to study results of SDS parameters.

It should be noted that the methodology we use now was proposed by the authors before [1, 3, 15]. Also earlier on the basis of the proposed method the authors experimentally determined the average values of scattering cross section (SCS)  $\sigma_v$ , the width of the SDS is  $\Delta F_v$  and root-mean-square deviation of the SCS on the example of different types of vehicles. To summarize the obtained results it was interesting to carry out the research of more extended objects such as vehicles of railway transport, as well as the study of the influence of acceleration of these objects on the parameters of the SDS.

An experimental study of the parameters of the SDS reflected from extended objects (train rolling-stock, single cars, in some cases for a shunting locomotive), was performed using microwave oscillations of serial rate meter RIV-V3 with wavelength  $\lambda = 8$  mm. Analysis and generalization of the study results of the parameters of the spectrum produced from the numerous fragments of the Doppler signal reflected from the vehicle of the same model. The number of the considered fragments from the vehicles of each type was 380...400.

All of the spectra of the reflected signals can be divided into three groups [16]. The first group will include the SDS under irradiation of the vehicle (train rolling-stock) at an angle close to zero when the vehicle is at a relatively large distance of about 50...60 m. For this case is characteristic the spectrum of the reflected signal, potentially providing a good accuracy of measurement of speed and, consequently, acceleration and high resolution. The spectral width at the level of 0,707 is  $\Delta F = 8...10$  Hz.

The second group of spectra corresponds to positive angles of irradiation of the vehicle  $\alpha_0 \geq 17^\circ$ . In this case, the width of SDS increases significantly and is  $\Delta F = 20...25$  Hz, which corresponds to the location the vehicle at relatively small distances of about 10...20 m from the RIV velocity meter. The angular dimensions of the vehicle often exceed the beam width of the antenna. Moving vehicle rapidly changes its angle, which is accompanied by rapid fluctuations of reflecting centers, which leads

to the expansion of the SDS, the deterioration of the accuracy potential of the velocity meter and frequency resolution. In addition, this case is characterized by a sharp decrease in the scattering cross-section (SDS) for some types of cars caused by the oblique fall of the ray on a smooth surface of the vehicle (mirror reflection), as well as some decrease of scatter of the values of SCS for different types of cars, due to the fact that the narrow beam of antenna irradiates only a part of the surface (projector mode)[3].

The third group of spectra corresponds to the deceleration mode of the vehicle from the trigger point to the moment of release the car retarders. In this case the body of a railroad car as well as the velocity meter is exposed to strong vibration. In this case the spectrum of the reflected signal is expanded so that its width reaches  $\Delta F = 30...40$  Hz. Under these conditions the accuracy of the velocity measurement is the worst.

A significant expansion of the range is observed in Doppler signals reflected from shunting locomotives, because their body continuously vibrates from the running engine. Moreover, SDS does not only expand, but also has a «parasitic» harmonics, the amplitude of which is comparable with the spectrum of the main signal, which significantly affects the measurement accuracy, and can lead to errors in the velocity measurements.

The results of processing of the experimental data show that when rotating wheels of the vehicle or its oscillating parts (for example, the rear and side doors, hatches, covers and accessories for fastening cargo) are irradiated, in the spectrum of the reflected signals appear additional components. Moreover, the frequencies of these components can be both above and below the frequency of the main signal, and their level is 10...40 dB below the main signal. It should be noted that the results obtained in this part of the study are absolutely identical to the earlier obtained results of study of similar parameters of SDS for road transport [5]. At low speeds of rolling of the vehicle the spectrum of the reflected signal is exposed to stronger «parasitic» effects than the spectrum of the signal reflected from the vehicle at a higher speed. This is because at low speeds of rolling of the vehicle the spectrum of the reflected signal falls within the frequency domain of additive noise, whose spectrum and the SDS «overlap». As a result of this not only the expansion of  $\Delta F$  can occur, but its «splitting» as well, which greatly reduces possibility of accurate measurement of the Doppler frequency signal.

As a result of experimental studies it has been shown that the vehicle movement acceleration has the greatest influence on the width of the SDS and, consequently, on the accuracy of speed measurement of the extended object movement (railway cars, vehicles in general). Moreover, the bigger is its absolute value, the wider is the energy spectrum of the reflected signal, which is fully consistent with the theoretical analysis.

**Conclusions.** Considering a good compliance between theoretical and experimental results we can draw the following conclusions. The average value of the acceleration of railway cars rolling into brake position is within  $(+0,45)...(+0,55)$   $m/c^2$ . At the time of braking, the acceleration is in the range of  $(-1,9)...(-2,1)$   $m/c^2$ ; respectively, in the output of the moderator it is  $(-0,05)...(+0,05)$   $m/c^2$ . It should be noted that while technically implementing the tracking velocity meter for increasing accu-

racy of measurement of the average frequency of spectrum of the reflected signal, the time constant of the measurement must be chosen from the condition of minimum width of the Doppler reflected signal at the maximum possible acceleration value of the vehicle, taking into account the required processing speed of the meter in receiving and issuing information about velocity of the vehicle movement. As can be seen from the presented results, the time constant of the measurement must be within 80...120 ms.

The work is done within the framework of fundamental research funded by the Ministry of education and science of the Russian Federation (State task for 2014, 2015, code 226).

#### References:

1. Artyushenko V. M. Research and development of the radar measuring instrument of parameters of movement of extended objects (monograph). – Moscow, NOU VPO FTA, 2013. – 214 p.
2. Artyushenko V. M. Threshold method for measuring the speed of extended objects in the control zone of radio detection devices short-range / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // Journal of Radio Electronics: e-zine. – 2014. – № 12. – P. 3. – URL: <http://jre.cplire.ru/jre/dec14/28/text.pdf>
3. Volovach V. I. Methods and analysis algorithms of short-range radio engineering devices, (monograph). – Moscow, Radio and communication, 2013. – 228 p.
4. Artyushenko V. M. Statistical Characteristics of Envelope Outliers Duration of non-Gaussian Information Processes / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // In the Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). – P. 137-140.
5. Artyushenko V. M. Statistical characteristics of signals and noise in short-range radio devices / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach, V. V. Ivanov // Izvestiya Vuzov. Instrumentation. – 2014. – V. 57. – № 7. – P. 46-50.
6. Artyushenko V. M. Statistical characteristics of the durations of emission envelopes signals reflected from extended objects / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach, V. V. Ivanov // Radio engineering. – 2015. – № 2. – P. 54-61.
7. Artyushenko V. M. Analysis of parameters of the signal reflected from an extended object / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach. // Izvestiya Vuzov. Instrumentation. – 2012. – V. 55. – № 9. – P. 62-67.
8. Lu N. H. Detection of weak signals in non-Gaussian noise / N. H. Lu, Bruce A. Eisenstein // IEEE Trans. Microwave Theory Tech. – Nov. 1981. – V. 27. – No. 6. – P. 755-771.
9. Artyushenko V. M. Analysis of parameters of the spectrum of the Doppler signal reflected from the moving object extended / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // Journal of Radio Electronics: e-zine. – 2015. – № 1. – P. 5. – URL: <http://jre.cplire.ru/jre/jan15/13/text.pdf>
10. Budilov V. N. Automated Measurement of Digital Video Cameras Exposure Time / V. N. Budilov, V. I. Volovach, M. V. Shakurskiy, S. V. Eliseeva // In the Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). – P. 344-347.

11. Shakurskiy M. V. Digital converter of frequency deviation based on three frequency generator / M. V. Shakurskiy, V. K. Shakurskiy, V. V. Ivanov // In the Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). – P. 316-319.
12. Anfalov K. V. Comparative Analysis of Coding Effectiveness in Telecommunication Systems with ARQ / K. V. Anfalov, V. I. Volovach // In the Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). – P. 320-324.
13. Artyushenko V. M. Threshold method of measurement of extended objects speed of radio engineering device of short-range detection / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // In the Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014). – P. 220-223.
14. Volovach V. I. Accumulating probability of detecting the objects in the control zone of radio security devices // Electrical engineering and information systems. – 2011. – V. 7. – № 1. – P. 17-20.
15. Cook C. Radar signals / C. Cook, M. Bernfeld; translation from English; edited by V. S. Kelzon. – Moscow, Sovetskoe radio, 1971. – 568 p.
16. Artyushenko V. M. Experimental research of parameters of Doppler signal spectrum reflected from the extended object, / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // Caspian journal: Management and High Technologies. – 2012. – № 19(3). – P. 17-24.

© Воловач В. И., Артюшенко В. М., 2015

УДК 621.3

**В. И. Воловач\****\*Воловач Владимир Иванович, к.т.н., доцент**Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
kaf\_iies@tolgas.ru***В. М. Артюшенко\****\*Артюшенко Владимир Михайлович, д.т.н., профессор**Технологический университет, г. Королёв Московской области  
artuschenko@mail.ru***V. I. Volovach\****\*Volovach Vladimir Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor,  
head of department «Information and electronic service» Volga region state Univer-  
sity of service, Togliatti**volovach.vi@mail.ru***V. M. Artyushenko\****\*Artyushenko Vladimir Mikhaylovich, doctor of technical sciences, professor, head  
of department «Information technologies and control systems» University of Tech-  
nology, Korolev**artuschenko@mail.ru*

### THE EVALUATION OF STATISTICAL CHARACTERISTICS OF DURATIONS OF EMISSION ENVELOPE OF PROCESSED SIGNAL THAT HAS A NON-GAUSSIAN DISTRIBUTION

*Key words: statistical characteristics, duration of emission of envelope, probability density function, extended object, coefficient of loss of signal envelope threshold level, DPD for Nakagami, DPD for Weibull*

The article reviewed and analyzed the statistical characteristics of the envelope outliers of the signal being processed having not Gaussian nature of distribution. With the help of numerical methods, the dependence of the loss for the different densities of probability distribution of the envelopes of the processed signal has been received.

**Introduction.** In order to improve the engineering part of radio systems and devices it is often necessary to assess the statistical characteristics of the processed outliers processes (signals). An important characteristic is the density and distribution function of the duration in outliers processes  $\tau_0$  is below the threshold processing  $U_{\text{thre}}$  [1-10].

Theoretical analysis of such features is complex and is done only for some special cases [11, 12]. There are only approximate methods of calculating the average duration of  $\tau_0$  and the density of probability distribution (DPD) of outliers duration  $W(\tau_0)$  envelope signals  $\eta(t)$ . As a rule, the characteristics of random processes defined for Gaussian processes.

The aprioristic knowledge of statistical characteristics of the duration in outliers of bending-around processed signals will allow to formulate optimum mathematical models of radio engineering systems and devices which, in turn, will give the chance to approach to development of the last reasonably as much as possible.

However, as practice shows, in most cases casual processes (signals) have not Gaussian character. It is especially brightly shown when processing signals reflected from extended objects [13-18] where their DPD bending around considerably differ from Gaussian [1, 4, 6].

The purpose and problem of this work consists in research of statistical characteristics of duration of emissions of bending-around signals having not Gaussian density of distribution of probability.

**Loss factor of the signal envelope.** Among the statistical characteristics of the envelope outliers of the processed signal an important place occupies the coefficient failure of envelope of the signal that is below a predetermined threshold level, as measured by the formula [1, 6]:

$$K_f = \int_0^{U_{\text{thre}}} W_\eta(\eta) d\eta / \int_0^{U_{\text{max}}} W_\eta(\eta) d\eta, \quad (1)$$

where  $W_\eta(\eta)$  – density distribution of the envelope (amplitude) (DDEA) processed signal  $\eta(t)$ ;  $U_{\text{max}}$  – the maximum value of the amplitude of processed implementation.

Note that for  $U_{\text{max}} = \infty$

$$K_f = \int_0^{U_{\text{thre}}} W_\eta(\eta) d\eta. \quad (2)$$

The dimension of  $K_f$  allows to optimize the value of the threshold processing solver.

Knowingly DDEA of envelope of the signal being processed  $W_\eta(\eta)$ , one can find the dependence of  $K_f$  on the threshold level  $U_{\text{thre}}$ . In particular, if DDEA of envelope has been distributed according to Nakagami [3], then the loss coefficient and the coefficient depending on the parameters of the distribution of DDEA  $U_{\text{thre}}$  is determined by the ratio:

$$K_f = 1 - \int_{U_{\text{thre}}}^{\infty} W(U) dU = 1 - \frac{2m^m}{\Gamma(m)\Omega^m} \int_{U_{\text{thre}}}^{\infty} \left\{ U^{2m-1} \exp\left(-\frac{mU^2}{\Omega}\right) \right\} dU, \quad (3)$$

where  $\Gamma(\cdot)$  – gamma function,  $m = \langle U^2 \rangle^2 / \langle [U^2 - \langle U^2 \rangle]^2 \rangle \geq 0,5$  and  $\Omega = \langle U^2 \rangle$ .

Introducing the new variable  $x = U_{\text{thre}}^2 m \Omega^{-1}$  and taking into account that:

$\int_x^{\infty} e^{-t^2} t^{\alpha-1} dt = \Gamma(\alpha, x)$  – incomplete gamma function, after transformations we will find:

$$K_f = 1 - \frac{\Gamma(m, U_{\text{thre}}^2 m \Omega^{-1})}{\Gamma(m)}, \quad (4)$$

or taking into account that

$$\Gamma(\alpha, x) = \Gamma(\alpha) - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{\alpha+n}}{n!(\alpha+n)},$$

let's finally receive

$$K_f = \Gamma^{-1}(m) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{\alpha+n}}{n!(\alpha+n)}. \quad (5)$$

However, not always possible to analytically determine the dependence of  $K_f$  on  $U_{\text{thre}}$  in particular, for DDEA of Weibull. In this case, numerical methods are used widely.

On the basis of the numerical methods described in [1], the characteristic curves were obtained  $K_f = f(U_{\text{thre}})$  (Fig. 1a-c) with various parameters DDEA, for the most commonly encountered in practice DDEA, signals reflected from the extended objects: DDEA of Nakagami, logarithmically normal for Weibull:

$$W(U) = C\alpha U^{\alpha-1} \exp\{-CU^\alpha\}, \quad U > 0, C > 0, \alpha > 0,$$

where  $C$  and  $\alpha$  – the parameters of the distribution.

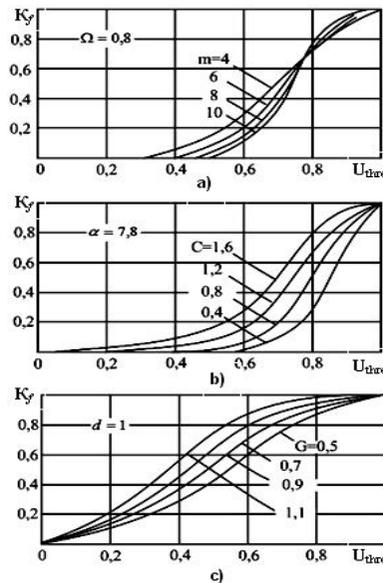


Fig. 1. Characteristic curves  $K_f = f(U_{\text{thre}})$  at various parameters that described as: DDEA of Nakagami (a), Weibull (b), log-normal (c)

For comparison, the theoretical and experimental curves there have been carried out the experimental studies of signal processed envelopes and their outliers below various thresholds [9]. As a threshold  $U_{\text{thre}}$ , which are determined by duration of envelope outliers, taken dimensions equal of  $U_{\text{thre}} = 0,2U_{\text{max}}; 0,4U_{\text{max}}; 0,6U_{\text{max}}; 0,8U_{\text{max}}$ . It has been shown that the theoretical curves of  $K_f = f(U_{\text{thre}})$ , built for the envelopes with DDEA of Nakagami and Weibull with different parameters, completely fall within the range obtained experimentally.

However, it should be noted that theoretical results are close to experimental ones only when the maximum threshold of processing  $U_{\text{thre}}/U_{\text{max}} \rightarrow 1$ . With the reduction of  $U_{\text{thre}}$  the general trend of the theoretical and experimental curves remains, but their discrepancy is significant.

Table 1 shows the average statistical characteristics of the outliers envelopes of which are described by DDEA of Nakagami and Weibull, where  $m_1$  – average value of envelope outliers below the threshold  $U_{\text{thre}}$ ;

$$K_a = (m_3 - 3m_1m_2 + 2m_1^3) / (m_2 - m_1^2)^{0,5} \text{ and}$$

$K_e = (m_4 - 4m_3m_1 + 6m_2m_1^2 - 3m_1^4) / (m_2 - m_1^2)^2$  – respectively, the coefficient of skewness and eccentric with DDEA outliers duration;  $m_i$  – corresponding selective distribution point;  $\sigma$  – root-mean-square deviation of the outliers duration;  $K_f = T_f \tau_f^{-1}$  – of the loss factor of the envelope signal to be processed below  $U_{\text{thre}}$ .

Table 1

Statistical characteristics of envelope outliers duration of information processes

DDEA	Parameters	Threshold size $U_{\text{thre}}$			
		$0,2U_{\text{ma}}$ x	$0,4U_{\text{ma}}$ x	$0,6U_{\text{ma}}$ x	$0,8U_{\text{ma}}$ x
Nakagami	$m_1$	11,38	18,52	43,12	74,50
	$\sigma^2$	10,37	18,25	36,61	64,20
	$K_a$	1,35	1,36	2,08	2,12
	$K_e$	0,591	2,30	4,77	5,60
	$K_f$	0,04	0,11	0,32	0,68
Weibull	$m_1$	8,53	16,04	41,01	72,70
	$\sigma^2$	9,55	16,84	40,08	61,83
	$K_a$	1,18	1,28	1,81	1,97
	$K_e$	0,53	2,21	4,36	5,28
	$K_f$	0,03	0,09	0,30	0,67

Analysis of the data presented in Table 1 shows that with the increase in the threshold level increases variation of DDEA outliers from Gaussian, as can be seen from a comparison of the coefficients  $K_e$  and  $K_a$ .

In the case where the distribution of the envelope of  $U(t)$  is described by the Nakagami or Weibull DDEA  $W(\tau_0)$  duration of envelope outliers  $U(t)$  being processed below the thresholds  $U_{\text{thre}}$  well approximated by a logarithmically normal law [6]:

$$W(\tau_f) = \exp\left\{-\frac{(\ln \tau - d)^2}{2G^2}\right\} / \tau G (2\pi)^{0,5},$$

where  $d$  and  $G$  – the parameters of the distribution.

Fig. 2 shows the curves of the lognormal DDEA for different values of the parameter  $G$ . It is seen that with a decrease in  $G$  mode of distribution shifted to the right, with a maximum value of DDEA increase and the distribution curves tend to symmetric form.

Testing hypotheses about belonging of DDEA duration failure to logarithmically normal law by  $\chi^2$  when using the number of degrees of freedom  $n$  from 12 to 20,  $\chi^2$  in the vast majority of case varied from 13.93 to 44. Significance level  $J$  thus lying in the range  $0,001 \leq J \leq 0,03$ . Here  $n = L - p - 1$ , where  $L$  – the number of intervals of values of the outliers duration of envelope Doppler signal is below the threshold,  $p$  – the number of parameters of the distribution (for the log normal law  $p = 2$ ).

In [3] the full cycle of statistical processing of time intervals of the envelope of the processed signal is below specified threshold levels, allowing us to trace the dynamics of the experimental treatment. Were analyzed the dependence of the ratio of the magnitude of the outage threshold for different parts of the measuring area that is of significant practical interest in signal processing wireless devices detection (CBR) short-range.

The analysis showed that the minimum range and the smallest value of  $K_f$  is to the middle part of the measuring section.

On plots of the input and output  $K_f$  has a large spread, and can reach considerable size, up to units. The reason is that at the receiver input signal is formed by taking the side petals in the result, there are strong fluctuations of the reflected signal. At the site exit due to the significant distance to the object decreases, the resulting amplitude of the reflected signal. Thus, although the signal is stable, however, the threshold level does not reach, due to the fact that the threshold is chosen the same for all implementations and counting it is relative to the maximum signal level. It is connected with the corresponding orientation of the directivity diagram CBR [16].

On plots of the input and output  $K_f$  has a large spread, and can reach considerable size, up to units. With decreasing size of sample the overall trend of the curves is preserved, but the discrepancy is significant, and with decreasing values of  $U_{\text{пор}}$  this discrepancy increases. At the first measurement site is associated with high durations, the failure envelope of the reflected signal caused by the influence of one petal of irradiating antenna; in the third section the General trend is a decrease in the amplitude of the reflected signal as the distance of the extended object from the CBR.

On the second plot measuring the divergence of the curves  $K_f = f(U_{\text{thre}})$  of three sites has the least character. It stems from the fact that it is in the middle of this area is oriented main axis of the antenna directional diagram.

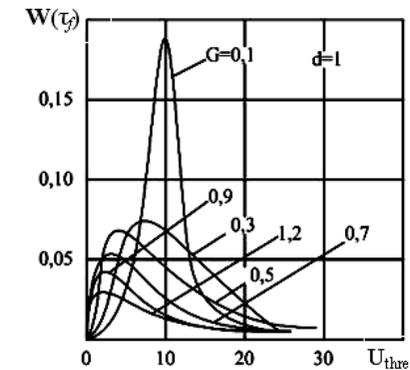


Fig. 2. Lognormal DDEA for different values of the parameter  $G$

An analysis of theoretical and experimental curves of  $W(\tau_n)$ , где  $\tau_n = \tau_0/\tau_{0,\text{max}}$ ,  $\tau_{0,\text{max}}$  – the maximum duration of the peaks of the envelope, constructed for different values of the quantity  $U_{\text{thre}}$  when DDEA described by Nakagami, shows that the DDE duration have strongly marked left asymmetry.

Let's remind that under  $\tau_0$  reflected a signal the interval of time during which bending around a signal  $\eta(t)$  is below threshold level  $U_{\text{thre}}$  is understood.

With the increase in the level of  $U_{\text{thre}}$  mode of distribution is shifted to the right, and the curves of distribution tend to symmetric form. If you increase the value  $U_{\text{thre}}$  to  $0,4U_{\text{max}}$  maximum DDEA increases and then begins to decrease.

In the case where the DDEA described by the Weibull curve does not change the character, but modes of distributions are shifted to the left. These numerical values can be found in the Table 1.

**Conclusions.** Thus, the assessment of statistical characteristics of duration of emissions of the bending-around signals which are describing by DPD of Nakagami and Weibull for the first time is carried out. There were determined the dependence of the failure of the threshold level.

Comparison of experimental and theoretical dependences of the  $K_f$  processing and distribution parameters of the envelope of the reflected signal indicates that an increase in the threshold level of theoretical and experimental characteristics are practically the same as the DDEA duration is described the log-normal DDEA.

The work is done within the framework of fundamental research funded by the Ministry of education and science of the Russian Federation (State task for 2014, 2015, code 226).

#### References:

1. Artyushenko V. M. Research and development of the radar measuring instrument of parameters of movement of extended objects / V. M. Artyushenko. – Moscow, NOU VPO FTA, 2013. – 214 p.

2. Artyushenko V. M. Experimental research of parameters of Doppler signal spectrum reflected from the extended object / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // Caspian journal: Management and High Technologies. – 2012. – № 19(3). – P. 17-24.
3. Volovach V. I. Methods and analysis algorithms of short-range radio engineering devices / V. I. Volovach. – Moscow, Radio and communication, 2013. – 228 p.
4. Artyushenko V. M. Statistical Characteristics of Envelope Outliers Duration of non-Gaussian Information Processes / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // In the Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). – P. 137-140.
5. Artyushenko V. M. Statistical characteristics of signals and noise in short-range radio devices / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach, V. V. Ivanov // News of higher educational institutions. Instrumentation. – 2014. – V. 57. – № 7. – P. 46-50.
6. Artyushenko V. M. Statistical characteristics of the durations of emission envelopes signals reflected from extended objects / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach, V. V. Ivanov // Radio engineering. – 2015. – № 2. – P. 54-61.
7. Artyushenko V. M. Analysis of parameters of the signal reflected from an extended object / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach. // News of higher educational institutions. Instrumentation. – 2012. – V. 55. – № 9. – P. 62-67.
8. Volovach V. I. To a question of carrying out the statistical analysis of signals and other influences applied to the description of radio engineering devices of detection, and a choice of their mathematical models / V. I. Volovach // Scientific and technical messenger of the Volga region. – 2011. – № 2. – P. 64-68.
9. Artyushenko V. M. Analysis of parameters of the spectrum of the Doppler signal reflected from the moving object extended / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // Journal of Radio Electronics: e-zine. – 2015. – № 1. – P. 5. – URL: <http://jre.cplire.ru/jre/jan15/13/text.pdf>
10. Tikhonov V. I. Emissions of casual processes / V. I. Tikhonov. – Moscow, Science, 1970. – 392 p.
11. Fomin Ya. A. Theory of emissions of casual processes / Ya. A. Fomin. – Moscow, Communication, 1980. – 216 p.
12. Artyushenko V. M. Statistical characteristics of signals to be processed by electronic devices in the middle of action, upon reflection from extended objects / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // In the Proceedings of the XI International scientific and practical conference «Modern scientific potential». – 2015. – V. 38. Technical sciences. – Sheffield, Science and education. – P. 28-33.
13. Artyushenko V. M. Analysis of mathematical models useful signals and information processes radar devices of the middle range / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // News of higher educational institutions of Russia. Electronics. – 2014. – № 5. – P. 14-20.
14. Volovach V. I. Rationale models disturbing effects on radio equipment burglar alarm / V. I. Volovach // News of Samara scientific center of RAS. Special issue «Science - industry and service». – 2006. – P. 71-78.

15. Artyushenko V. M. Analysis of influence of additive non-Gaussian noise on accuracy of motion parameters measurement in short-range radio systems / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // Non-linear world. – 2015. – V. 13. – № 1. – P. 16-30.
16. Volovach V. I. Detection of extended objects in conditions of a priori uncertainty about the parameters of movement on the background of non-Gaussian interference / V. I. Volovach // Radio engineering. – 2015. – № 2. – P. 30-38.
17. Artyushenko V. M. Measurement of parameters of motion of extended objects in terms of interferences and changing range / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // Dual technology. – 2015. – № 1. – P. 69-74.
18. Artyushenko V. M. Measurement error estimation of motion variables for extended objects under changing range conditions / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // Radioelectronics and communications systems. – 2015. – V. 58. – № 1. – P. 26-37. <http://www.springer.com/-/9/e4b518dbe5464e1f9ccd37943f9d4838>

© Воловач В. И., Артюшенко В. М., 2015

УДК 629.7

А. Э. Аббасов\*

\*Аббасов Александр Эльшанович, аспирант

Технологический университет, г. Королёв Московской области  
alexnlsmo@mail.ru

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Ключевые слова: трехмерное моделирование, 3D-печать, технологический процесс.*

*Рассмотрены области применения и методы создания аддитивных технологий, проанализирована целесообразность применения аддитивных технологий для изготовления пластиковых и металлических макетов и изделий, а также для осуществления технологического процесса сборки и отработки изделия.*

### Введение

Актуально сокращение процесса отработки и сборки устройств и изделий сложных технических систем с помощью компьютерных технологий визуализации технологического процесса сборки [1], аддитивных технологий создания цифровой модели с помощью 3D-сканирования, макетирования с помощью 3D-печати [2], специализированных программных сред для расчета оптимальных по выбранному критерию параметров изделий [3].

### Целесообразность применения аддитивных технологий при сборке и отработке изделий

Проведенный анализ представленных вариантов технологического процесса отработки и сборки технических устройств и изделий показал, что качество процессов не соответствует показателям или по точности результата, или по трудоемкости и затратам материальных и энергетических ресурсов [3,4]. Обеспечение оптимального сочетания высокой точности размеров проектируемых устройств и минимальных затрат в процессе их сборки, обнаружение технологических несоответствий на ранней стадии в процессе моделирования возможно за счет применения технологий трехмерного моделирования.

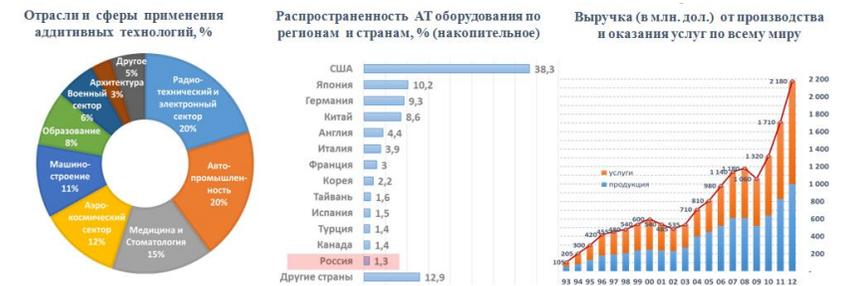
Для отработки и сборки сложных изделий авиакосмической, машиностроительной проанализируем два подхода:

- 1) использование для макетно-конструкторских испытаний методов аддитивных технологий получения 3D-макетов, распечатанных с помощью 3D-принтера [2], и 3D-образов, полученных с помощью 3D-сканера;
- 2) использование методов оптимизации параметров моделируемого устройства с помощью передачи данных о геометрии устройства из трехмерной среды в специализированный расчетный пакет [3,4].

При использовании этих подходов ценным становится не владение деталью (изделием), а его информационной моделью (цифровой информацией), а также возможность воспроизвести эту цифровую информацию либо в виртуальной среде, либо напечатать с помощью аддитивных технологий. Необходимо определить, какой из описанных подходов является наиболее целесообразным для

определения ошибок и технологических несоответствий на этапе проектирования и разработки технологического процесса сборки.

С помощью аддитивных технологий 3D-печати осуществляется создание цельных трехмерных объектов практически любой геометрической формы. В основе аддитивных технологий – цифровые технологии, с помощью которых осуществляется цифровое описание изделия и строится компьютерная трехмерная модель. Эти объекты устраняют ограничения «псевдотрехмерного рисунка», созданного с помощью компьютерных технологий трехмерного моделирования. От традиционных методов механообработки изделия аддитивные технологии отличаются тем, что вместо «вычитания» материала из массива заготовки изделия они используют методы: получения изделия «добавлением» (аддитивный метод), прототипированием (метод послойного синтеза), все методы синтезирования деталей и конструкций – прототипов, опытных образцов, серийных изделий. Основное предназначение аддитивных технологий: создание прототипа изделия, который можно использовать в качестве опытного образца для отработки изделия на этапе проектирования и оптимизации его параметров. Статистические данные по применению аддитивных технологий в различных сферах приведены на рис. 1.



**Рис. 1. Области применения и характеристики рынка аддитивных технологий**

До возникновения информационных технологий прототипирования устранение ошибок и недочетов при проектировании сложных сборных систем, состоящих из агрегатов и устройств различного назначения, связанных между собой сложной геометрической компоновкой (например, ракетные двигатели и связанные с ними системы, устройства системы управления рециркуляцией, оборудование телекоммуникационных систем) осуществлялось при сборке макетов изделий в металле. Но этот подход может приводить к повторному изготовлению деталей и сборочных единиц, изменивших свою геометрию в процессе увязки компоновки изделия. Способ замены конструкторских металлических макетов макетами, изготовленными с помощью технологии 3D печати в пластике, позволяет сократить затраты на разработку в 10-15 раз и ускорить процесс изготовления макетов [2]. Макет, изготовленный с помощью 3D-принтера в пластике, выполняет те же функции, что и обычный металлический

конструкторский макет: проверка собираемости, отработка технологии сборки, поиск ошибок и неточностей в конструкторской документации.

При применении макетов из пластика необходимо учитывать, что модель состоит из различных сборочных единиц (клапаны, регуляторы), элементов силовой схемы (кронштейны, опоры) и крепежа (болты, гайки). Если в модели присутствуют трубопроводы для соединения отдельных узлов и агрегатов, то соединить концевые элементы трубопроводов с ответными элементами трубопроводов с использованием 3D-пластика затруднительно. Лучше заменить их металлическими трубами, но при этом надо уменьшить массогабаритные размеры этих труб (например, толщину трубы) для того, чтобы снизить нагрузку на несущие элементы макета, выполненные из пластика. В связи с трудоемкостью выполнения 3D макетов из пластика крепежа с «прорисованной» резьбой также предпочтительнее использовать металлический крепеж. Это дополнительное время и дополнительные материалы. При прототипировании электропривода невозможно обеспечить нужную плотность укладки обмотки электропривода. Аналогично, создание 3D-образов, полученных с помощью 3D-сканера, не всегда целесообразно применять для изготовления макетов из пластика.

3D-оборудование аддитивных технологий способно работать не только с полимерными материалами, но и с металлами. В таблице 1 [5] приведена классификация методов создания аддитивных технологий. Наиболее динамично развивающимся считается направление исследования промышленных материалов и создания на их основе конструкций сложных геометрических форм. Широко распространен SLM-метод (от англ. Selective laser melting – селективная лазерная плавка): лазер сплавляет металлический порошок из металла в контур будущей детали. Оборудование работает с металлами и производит продукцию за один технологический процесс. При помощи SLM установки был произведен и успешно протестирован инжектор двигателя для ракеты RL-10 [5]. Компактный 3-D принтер компании Made In Space способен создавать детали в условиях невесомости на Международной космической станции.

Преимущества аддитивных технологий: уменьшение времени изготовления деталей (1 месяц вместо 3 месяцев), уменьшение времени сборки (на 5 дней), уменьшение веса напечатанного изделия (приблизительно на 300 г легче традиционной конструкции, что дает почти 1 кг экономии для ряда изделий). Затраты на эксплуатацию изделий и устройств сокращаются, так как напечатанные из порошка титана детали с большей вероятностью сохраняют эксплуатируемое оборудование от возможных сбоев.

Однако, как уже отмечалось выше, при сборке металлических макетов изделий, пусть даже с помощью аддитивных технологий, из-за изменения геометрии изделий, массогабаритных характеристик в процессе компоновки изделия (сборки), возможно повторное изготовление изделий и их сборочных единиц. Предлагается применить метод моделирования устройства (сборки) в трехмерной среде и конвертирования в специализированный расчетный пакет, который позволяет не только обнаружить технологические несоответствия на ранней стадии в процессе моделирования, улучшить массогабаритные характе-

ристики, но и рассчитать характеристики моделируемого устройства в соответствии с заданным критерием оптимизации [6...12]. Трехмерные компьютерные модели можно применять в визуально-наглядной инструкции для описания сборки технологических и коммуникационных устройств. При изготовлении изделий (устройств) для штатной эксплуатации возможно комбинированное применение метода моделирования, конвертирования и расчета и применение аддитивной технологии для создания изделия (устройства) с оптимизированными параметрами.

Таблица 1

**Методы создания аддитивных технологий**

Ме- год	Техно- логия	Принцип создания	Материал	Компа- ния	Це- на
Экструзия	Моделирование методом послойного наплавления (Fused deposition modeling (FDM))	Подразумевает создание трехмерных объектов за счет нанесения последовательных слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели. Как правило, в качестве материалов для печати выступают термопластики, представляемые в виде катушек нитей или прутков.	Термопластики и композиты, включая ABS, PLA, поликарбонаты, полиамиды, полистирол, лигнин	Stratasys Ltd. (США)	10-300 тыс. \$
Выборочное (селективное) лазерное спекание (Selective laser					

sintering, SLS))	вторяется до образования полной модели.		AG (Германия)	1,5 млн. \$ и более
Выборочная (селективная) лазерная плавка (Selective laser melting (SLM))	Аналогично SLS и DMLS, кроме как используется ни частичная плавкаа полное расплавление металла в твердую однородную массу, необходимую для построения монолитных моделей.			

### Выводы

Аддитивные технологии на современном этапе развития сокращают затраты на разработку в 10-15 раз и ускоряют процесс изготовления макетов, выполненных из пластика. В силу малых конструктивных свойств пластиков такие макеты целесообразно использовать для обработки многих видов электрооборудования, штатных и летных изделий. Создание изделий из пластика с помощью 3D-печати возможно только для достаточно простых устройств. Создание металлических макетов для технологического процесса обработки и сборки, а также металлических изделий для штатной эксплуатации с помощью аддитивных технологий обходится существенно дороже. Предлагается обработку и сборку технических устройств, в первую очередь электротехнических, проводить в виртуальной трехмерной среде, с использованием специализированных расчетных пакетов, так как в этом случае будут осуществлены все требования по точности геометрических размеров и учтены характеристики электромагнитных процессов.

### Библиографический список

1. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С., Аббасов, А. Э. Условия эффективно применения виртуальных лабораторий для инженерного образования: сб. ст. II-ой международной научно-практической Интернет-конференции «Инновационные технологии в современном образовании» – [Текст] /сборник – Королев МО: Изд-во «Канцлер», ФТА, 19 декабря, 2014.
2. Панченко, В. А. Применение аддитивных технологий при проектировании изделий и блоков для ракетно-космических систем: тезисы докладов XX-ой научно-технической конференции молодых ученых и специалистов – Россия, г. Королев, Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева, 10-14.11.2014. – С. 400 – 402 (707 с.)
3. Аббасов, А. Э., Аббасова Т. С. Проблемы моделирования переходных электромагнитных процессов оборудования системы рециркуляции автомобиля [Текст] // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2014): сб. статей IV международной заочной научно-технической

конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2014. – С. 7 – 12 (272 с.) – ISBN 978-5-9581-0330-0.

4. Аббасов, А. Э., Аббасова, Т. С. Разработка и исследование 2D и 3D-моделей при проектировании системы управления рециркуляцией автомобиля: materials of X International scientific and practice conference, «Modern European science», June 30 – July 7, 2014. Volume 16. Modern information technologies / Sheffield. Science and education LTD. – С. 5 – 8 (104 с.) – ISBN 978-966-8736-05-6.

5. Чумаков, Д. М. Перспективы использования аддитивных технологий при создании авиационной и ракетно-космической техники Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 78. – 02 декабря 2014. – Режим доступа: www.mai.ru/science/trudy.

6. Аббасов, А. Э., Аббасова, Т. С. Оптимизационное моделирование: постулаты прошлого и теории нового времени: сб. ст. 2-ой международной научно-практической конференции: «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени» – Россия, г. Екатеринбург, 12-13.09.2014. – С. 6 – 8 (150 с.) – ISSN 3385-8879.

7. Аббасова, Т. С., Двоглазов, Д. М., Гузнаев, Т. Ю. Методы интерактивного анализа данных в телекоммуникационных системах: сб. ст. Международной научно-практической Интернет-конференции «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании» – [Текст] /сборник – Королев МО: Изд-во «Канцлер», ФТА, 2014. – С. 3 – 8 (426 с.) – ISBN 978-5-91730-371-0.

8. Аббасов, А. Э. Разработка и конвертирование компьютерных геометрических моделей устройств системы управления рециркуляцией отработавших газов автомобиля // Мир транспорта. – 2015. – №1. – ISSN 1992-3252.

9. Аббасов, А. Э. Разработка методики 3D-моделирования оборудования системы управления рециркуляцией выхлопных газов автомобиля [Текст] / А. Э. Аббасов, Т. С. Аббасова // Информационно-технологический Вестник. – №1(01). – 2014. – С. 3 – 12. ISSN 2409-1650.

10. Аббасов, А. Э. Конвертирование трехмерных компьютерных геометрических моделей для оптимизации параметров моделируемых устройств // Компьютерные исследования и моделирование. – Том 7. № 1. – 2015 – С. 81 – 91. ISSN: 2076-7633 (Print), 2077-6853 (Online).

11. Аббасов, А. Э. Расчёт параметров клапана системы рециркуляции в программной среде Maxwell 14.0 [Текст] / А. Э. Аббасов // Информационно-технологический Вестник. – №2(02). – 2014. – С. 3 – 10. ISSN 2409-1650.

12. Аббасова, Т. С., Аббасов, А. Э. Оценка эффективности использования программ трехмерного моделирования при проектировании устройств технических систем и коммуникаций: сб. ст. 8-ой международной научно-практической конференции: «Научное обозрение физико-математических и технических наук в XXI веке» – Россия, г. Москва, 29-30.08.2014 – С. 3 – 5 (70 с.) – ISSN 20777358D.

© Аббасов А. Э., 2015

УДК 681.5

**Т. С. Аббасова\****\*Аббасова Татьяна Сергеевна, ктн, доцент**Технологический университет, г. Королёв Московской области  
abbasova\_univer@mail.ru*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ N-МЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*Ключевые слова: электромагнитная совместимость, электронные модели, электронные описания.*

*Рассмотрены вопросы, связанные с использованием технологий N-мерного моделирования для проектирования телекоммуникаций на территориях, на различных объектах эксплуатации: внутри подвижного объекта в условиях полета, в вычислительных комплексах, в различных транспортных средствах, при внутриприборном и межприборном монтаже, при монтаже кабелей, силовых, управляющих и других цепей.*

#### Введение

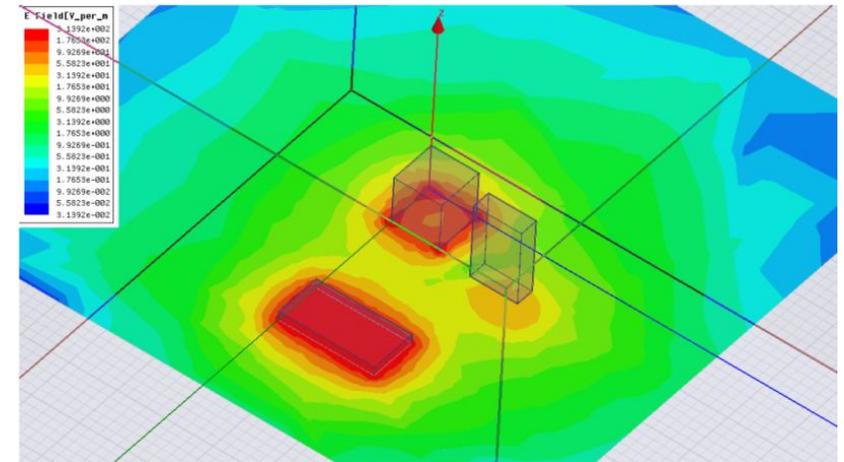
В настоящее время широко распространено использование технологий трехмерного моделирования для анализа и оценки электромагнитной обстановки (ЭМО) оборудования телекоммуникационных помещений, вычислительных комплексов, подвижных объектов, на которых планируется прокладка телекоммуникаций, при реализации антенных устройств для оборудования беспроводных телекоммуникаций. Актуальна возможность дальнейшей работы с созданными моделями в специализированных расчетных пакетах, а также в средах N-мерного моделирования 4D, 5D, 6D.

#### Результаты исследования

Рассмотрим три случая: моделирование ЭМО внутри телекоммуникационного помещения (вычислительные комплексы, транспортные средства, локальные вычислительные сети, горизонтальная подсистема структурированных кабельных систем); моделирование ЭМО внутри телекоммуникационного устройства (аппарата) или канала связи, при внутриприборном и межприборном монтаже; моделирование ЭМО вне телекоммуникационного помещения (территориальные и глобальные сети, магистральные подсистемы структурированных кабельных систем) [1...15].

Моделирование ЭМО внутри телекоммуникационного помещения сводится к поочередному моделированию работающих на некотором участке электронных устройств (в том числе устройств каналов связи) и последующем объединении их в систему по определению параметров напряженностей их совместного поля в любых точках моделируемого сегмента помещения. Поочередное моделирование каждого электронного устройства в отдельности состоит в предварительной замене его эквивалентным источником в зависимости от значений силы тока и напряжения в их электрических схемах. Предварительная замена заключается в подборе параметров эквивалентного источника, основан-

ной на совпадении динамики распределения напряженности поля на некотором удалении от источника. В дальнейшем получившийся эквивалентный источник представляется в виде 3D-модели в программной среде. 3D-модель строится с учетом геометрических размеров реального электронного устройства, как показано на рис. 1, с использованием компьютерных сред Kompas 3D, Solid Works, MatLab.



**Рис. 1.** Результат моделирования области с тремя имитаторами электронных устройств в телекоммуникационном помещении

При анализе ЭМО внутри приборов (кабелей, аппаратов) их электродинамические модели строятся на основе экспериментальных характеристик электромагнитных помех (ЭМП). При использовании программ Кабели и жгуты 3D (приложение Kompas 3D) параметры монтажа кабеля с учетом подавления помех и размещения телекоммуникационных устройств определяются автоматически.

С помощью электронной модели телекоммуникационного шкафа, приведенной на рис. 2, можно осуществить виртуальный монтаж кабелей и патч-кордов внутри шкафа с учетом минимально допустимых расстояний между ними.

При моделировании ЭМО вне телекоммуникационных помещений необходимо учитывать, что городская (сельская) инфраструктура характеризуется взаимосвязанностью всех объектов. Нельзя изменить пространственные характеристики одного объекта, не учитывая последствий для других. Для аналитических расчетов местоположения ретрансляторов магистральных каналов связи создается упрощенная модель городской застройки с использованием автоматических технологий в программном обеспечении MicroStation V8. Исходными данными будут являться космические снимки с пространственным разрешением не менее 0,8 м. Для снижения расходов на разработку моделей воз-

можно применение технологий 2,5-D вместо 3D, так как технология 2,5-D позволяет оперативно получать результаты по наиболее конкурентной стоимости.

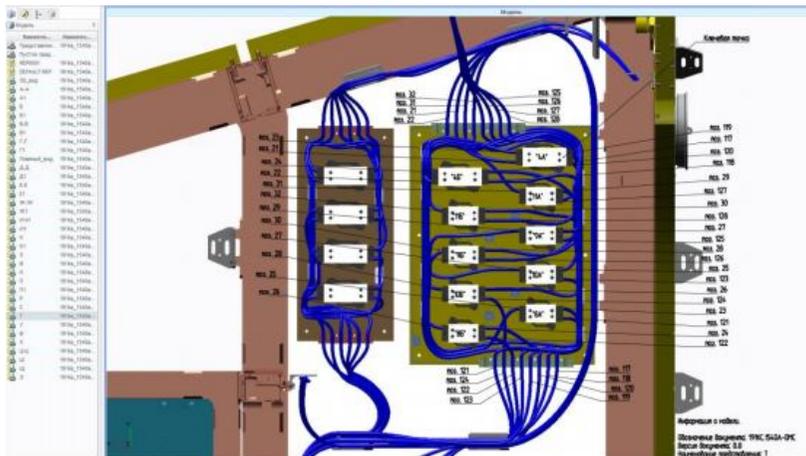


Рис. 2. Электронная модель телекоммуникационного шкафа с соответствующими аннотациями и представлениями

При проектировании беспроводных телекоммуникаций технология 3D-MID (литые термопластиковые основания с интегрированной системой соединений) позволяет свести к минимуму зависимость от размеров и положения антенны беспроводного терминала (телефона), так как антенна интегрируется непосредственно на корпус устройства. Возможно реализовать несколько антенн на одном носителе для разных диапазонов или применений (GSM 900/1800, GPS/ГЛОНАСС и Wi-Fi) одновременно. Свобода работы с пластиковым носителем позволяет разместить эти антенны на периферии корпуса или ее средней части на любой из сторон (внутренней или внешней) в зависимости от предполагаемых частотных характеристик или учета положения механических элементов устройства.

Гибкость и свобода дизайна, которые в полной мере реализуются на базе этой технологии, позволяют легко «настроить» антенны во время проектирования изделия или в процессе производства. Все характеристики – линейные размеры, положение, геометрия, частотные характеристики, диаграмма направленности и т.д. – могут быть легко изменены в процессе опытного производства, что способствует значительному сокращению сроков перехода от прототипа к реально действующему образцу.

#### Оптимизация процесса проектирования телекоммуникационной инфраструктуры с помощью технологий N-мерного моделирования

При проектировании составляется сквозной график, который реализуется в виде диаграммы Ганта, в табличной форме или с помощью инструментария

Workflow в PDM-системе (от англ. Product Data Management – управление данными об изделии). PDM-система предназначена для поддержки электронного описания изделия (устройства) телекоммуникационной инфраструктуры на всех стадиях жизненного цикла. В базе данных PDM-системы содержится архивная и нормативная информация о ранее разработанных изделиях, извещениях об изменениях, данные об организационной структуре, справочники материалов, стандартных и покупных изделий. В модели, состоящей из большого количества элементов, необходимо правильное заполнение атрибутов и имен файлов для поиска нужных элементов конструкций и анализа структуры всей модели как на жестком диске, так и в PDM-системе, как это показано на рис. 3.

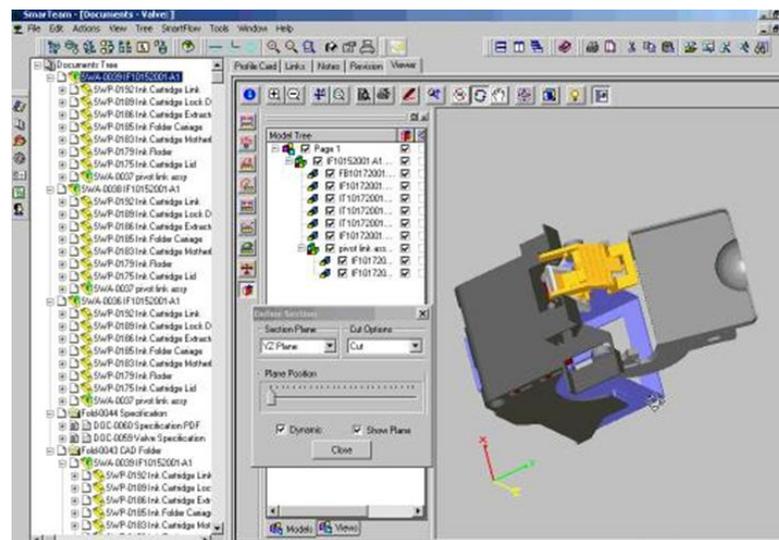


Рис. 3. Пример структуры модели сборки изделия сетевой инфраструктуры при интеграции PDM-системы с Solid Works

Для дальнейшего снижения эксплуатационных расходов, включающих расходы на обеспечение ЭМС, планируется разработка 4D, 5D, 6D-моделей. 4D-модель связана с календарно-сетевым графиком проекта внедрения нового модуля (модернизации имеющегося модуля) телекоммуникационной инфраструктуры. 5D-модель отражает наглядную детализацию стоимости проекта. 6D-модель визуально отображает ситуацию на объекте на любой момент времени, визуальный план-фактный анализ хода реализации проекта. После завершения процесса внедрения (модернизации) построенные модели могут использоваться как постоянно актуализируемая база данных, содержащая информацию о каналах связи и оборудовании телекоммуникационной инфраструктуры.

#### Выводы

Использование информационных технологий моделирования при выполнении аналитических расчетов, основанных на трехмерных моделях приборов, помещений, территорий, обеспечивает не только анализ и интерпретацию результатов оценки ЭМО, но и возможность дальнейшего использования разработанных трехмерных моделей в средах 4D, 5D, 6D.

*Библиографический список*

1. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. Эффективность защиты от внешних помех электропроводных каналов структурированных кабельных систем для передачи высокоскоростных информационных приложений [Текст] / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова // Информационные технологии. – 2014. – №5. – С. 52 – 57. ISSN 1684 – 6400.
2. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. Increasing Noise Immunity of Electric Communication Channels in High-speed Telecommunication Systems. *Biosci., Biotech. Res. Asia*, Vol. 11(Nov. Spl. Edn.), pgs. 277-279 (2014). ISSN: 0973-1245. (Индия). (Scopus).
3. Аббасова, Т. С., Щипунова, К. Д. Анализ влияния изменений параметров высокочастотных кабелей на характеристики мультимедийных кабельных систем [Текст] / Т. С. Аббасова, К. Д. Щипунова // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2014): сб. ст. IV международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2014. – С. 13 – 20 (272 с) – ISBN **978-5-9581-0330-0**.
4. Аббасова, Т. С. Исследование устойчивости каналов связи структурированных кабельных систем к воздействию радиоизлучений [Текст] / Т. С. Аббасова // Двойные технологии №4, 2014г. С. 72 – 74. ISSN 1680-2780.
5. Аббасова, Т. С., Никифоров, А. Г. Аварийное планирование при обработке данных в электротехнических системах [Текст] / Т. С. Аббасова, А. Г. Никифоров // Электротехнические и информационные комплексы и системы, №2, т. 3, 2007. С. 23 – 27.
6. Артюшенко, В.М., Васильев, А.Н., Аббасова, Т.С. Комплекс полунатурного моделирования систем автоматического управления летательных аппаратов и ракетно-космической техники: сб. ст. Международной научно-практической Интернет-конференции «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании» [Текст] / сборник – Королев МО: Изд-во «Канцлер», ФТА, 2014. – С. 17 – 22 (425 с.) – ISBN 978-5-91730-371-0.
7. Аббасова, Т. С. Использование лотков структурированных кабельных систем для электропроводки [Текст] / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы, №3, т. 3, 2007. С. 30 – 32.
8. Аббасов, А. Э., Аббасова, Т. С. Оптимизационное моделирование: постулаты прошлого и теории нового времени [Текст] / сб. ст. 2-ой международной научно-практической конференции: «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени» – Россия, г. Екатеринбург, Национальная ассоциация ученых (НАУ), 12-13.09.2014. – С. 6 – 8 (150 с.) – ISSN 3385-8879.

9. Аббасова, Т. С., Двоглазов, Д. М., Борисов, А. А. Применение диффузионной модели для балансировки нагрузки в неоднородных вычислительных системах [Текст] / Т. С. Аббасова, Д. М. Двоглазов, А. А. Борисов // Сборник статей II-ой Международной заочной научно-технической конференции «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации», Тольятти, ПВГУС. – 2012, часть 1. – С. 14 – 20. ISBN **978-5-9581-0330-0**.
10. Аббасова, Т. С., Стреналюк Ю. В., Васильев Н. А. Обеспечение эффективности функционирования систем управления кабельной инфраструктурой. Исследования в области теоретических основ информатики и системного анализа [Текст] / Сб. трудов / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артюшенко. – Королев МО: ФТА. – 2014. – С.5–24.
11. Аббасова, Т. С. Повышение эффективности эксплуатации высокоскоростной кабельной системы с помощью виртуальных технологий [Текст] / Т. С. Аббасова // Информационные технологии. – 2010. – №12/172. – С. 28 – 31. ISSN 1684 – 6400.
12. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. Сервис информационных систем в электротехнических комплексах: монография [Текст] / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова, под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артюшенко. – Москва, ФГОУВПО РГУТиС, 2009. – 100 с.
13. Вокин Г.Г., Аббасова Т.С., Харламова Е.С. Способы оценки сформированности компетенций при изучении дисциплин по управлению в технических системах: сб. ст. Международной научно-практической Интернет-конференции «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании» [Текст] / сборник – Королев МО: Изд-во «Канцлер», ФТА, 2014. – С. 33 – 89 (425 с.) – ISBN 978-5-91730-371-0.
14. Аббасова, Т. С. Информационное и программное обеспечение для тестирования производительности сетевых узлов территориально-распределенных центров обработки данных [Текст] / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2010. – №3, т.6. – С. 10 – 13. ISSN 1999-5458.
15. Аббасова, Т. С., Умудумов, О. Ф. Выбор структуры комплекса технических средств для сервисного обслуживания высокоскоростных электрических трактов структурированных кабельных систем [Текст] / Т. С. Аббасова, О. Ф. Умудумов // Электротехнические и информационные комплексы и системы». – 2007. – №4, т. 3. – С. 21 – 27. ISSN 1999-5458.

© Аббасова Т. С., 2015

УДК 519.6

**В. И. Аникин\****\*Аникин Валерий Иванович, д.т.н., профессор**Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*

anikin\_vi@mail.ru

**А. А. Карманова\****\*Карманова Александра Александровна, программист**ООО «НетКрэкер», г. Тольятти*

turaeva.alexandra@mail.com

### АНАЛИЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ КОХОНЕНА В ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦАХ

*Ключевые слова:* нейронная сеть Кохонена, кластеризация, анализ данных, визуализация, электронная таблица, MATLAB, Deductor.

*В статье демонстрируется высокая эффективность использования электронных таблиц для анализа и визуализации процесса кластеризации многомерных данных нейронной сетью Кохонена по сравнению с популярными программными продуктами MATLAB и Deductor.*

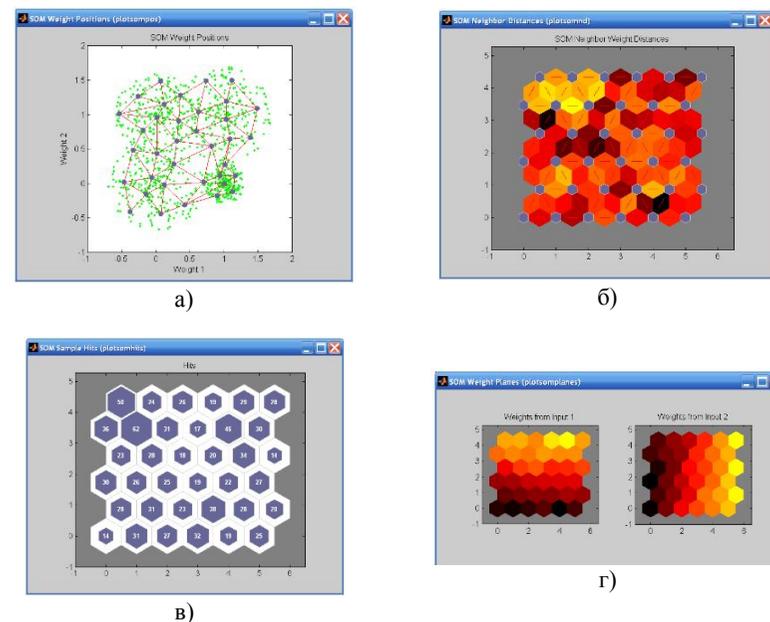
Целью статьи является сравнительная оценка электронных таблиц (ЭТ), программы MATLAB и аналитической платформы Deductor как эффективных инструментов визуализации на примере задачи кластеризации многомерных данных нейронной сетью (НС) Кохонена.

MATLAB — это высокоуровневая интерактивная среда для программирования, численных расчетов и визуализации результатов, ориентированная на научных работников и технических инженеров. MATLAB по сравнению с традиционными языками программирования (C/C++, Java, Pascal, FORTRAN) позволяет на порядок сократить время решения типовых задач и значительно упрощает разработку новых алгоритмов.

Применительно к кластеризации многомерных данных НС Кохонена MATLAB предоставляет ряд специальных средств визуализации [1], представленных на рис.1. Для обучения нейронной сети в MATLAB используется вариант классического алгоритма Кохонена [2].

Deductor - флагманский продукт компании BaseGroup Labs [4]. Сочетание простоты использования и мощности аналитических технологий, реализации различных подходов к анализу данных и унифицированного интерфейса обеспечили системе репутацию эффективного инструмента для всестороннего анализа данных.

В последней версии Deductor 5.3 мастер обработки *Самоорганизующиеся карты* выводит в графическом виде (рис.2) матрицу расстояний (U-матрицу), ряд полезных статистических диаграмм и гистограмм, а также трехмерные графики, облегчающие интерпретацию результатов кластеризации.



**Рис.1.** Средства визуализации результатов кластеризации НС Кохонена в MATLAB:

*а) пространственное распределение учебных образцов и нейронов, б) карта расстояний (U-матрица), в) карта попаданий (H-матрица), г) координатные карты (C-карты) [3].*

Для обучения нейронной сети в Deductor также используется классический алгоритм Кохонена.

Уникальным достоинством платформы Deductor является то, что она позволяет одновременно анализировать один и тот же исходный набор данных с помощью большого набора методов и мастеров обработки. Весьма удобной является также возможность вторичной кластеризации уже кластеризованных НС Кохонена данных посредством других алгоритмов, например, алгоритма “k-means”.

Недостатком платформы Deductor является то, что, в отличие от электронных таблиц и MATLAB, она не имеет встроенных средств программирования, является закрытой системой и, следовательно, предоставляет пользователю нерасширяемый набор стандартных средств визуализации (хотя и весьма обширный). В частности, в Deductor отсутствует возможность расчета и визуального отображения R- и H-матриц, а также подачи на вход обученной НС Кохонена неизвестных образцов с целью отнесения их к тому или иному кластеру.

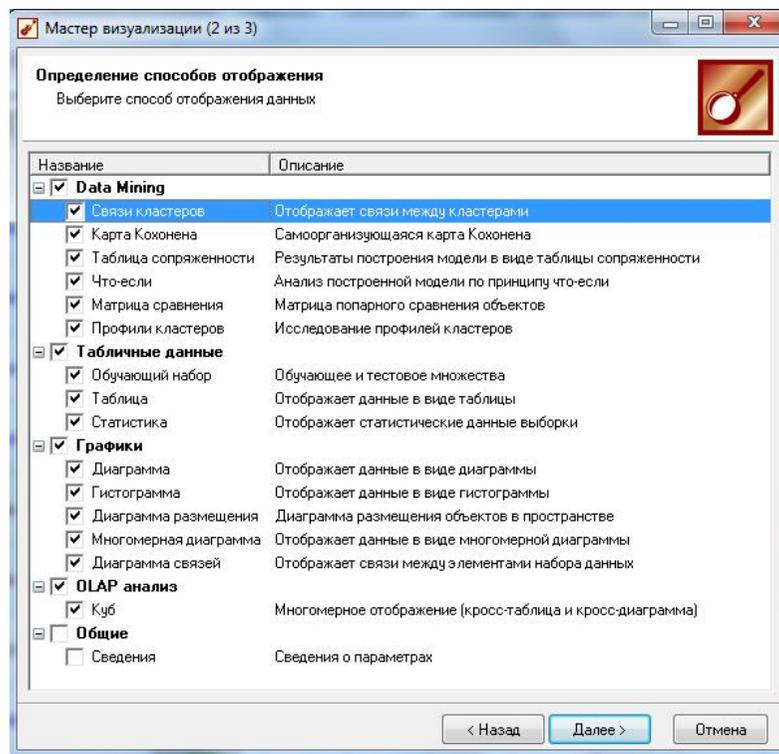


Рис.2. Средства визуализации результатов кластеризации ИС Кохонена в Deductor.

Для обработки и анализа данных широко применяются электронные таблицы Excel и Calc из интегрированных офисных пакетов Microsoft Office и OpenOffice/LibreOffice. Программный пакет MS Office ориентирован на работу в операционной системе Windows, его использование в других операционных системах затруднено. Свободные программные пакеты OpenOffice и LibreOffice являются кроссплатформенными и могут использоваться на платформах Linux, Windows, MacOS, FreeBSD и Solaris. При этом пакет OpenOffice работает стабильнее LibreOffice, имеет русифицированный пользовательский интерфейс и справку, доступен на мобильных платформах, с другой стороны, LibreOffice объединяет более многочисленное сообщество разработчиков, которые выпускают больше интересных инновационных функций для этого пакета. Все перечисленные офисные пакеты имеют встроенные средства программирования для наращивания своего функционала.

Электронные таблицы Excel и Calc, по сравнению с MATLAB и Deductor, предоставляют большое разнообразие удобных инструментов и средств визуа-

лизации данных, используемых как в статике, так и непосредственно в процессе вычислений. К ним относятся:

- заливка ячеек с данными различными цветами;
- обрамление ячеек с данными рамками;
- выделение текста элементов данных курсивом, подчеркиванием, разными цветами;
- условное форматирование ячеек с данными согласно заданным критериям: ячейка может динамически форматироваться в зависимости от своего содержимого, от значения в другой ячейке, от результата вычислений по формуле;
- инструмент Зависимости, наглядно отображающий отношения зависимости /влияния/ между парами элементов данных;
- технология drag-and-drop («протащил-и-отпусти»), позволяющая в визуальном режиме реструктурировать положение элементов данных на рабочем листе ЭТ (только в Excel);
- всплывающие примечания к ячейкам, позволяющие добавлять к интересующим ячейкам полезную информацию (о назначении, свойствах, характерных особенностях ячейки и т.д.);
- сводные таблицы, предоставляющие пользователю широкие возможности по реструктуризации таблиц и агрегирования данных;
- автоматический пересчет ячеек при изменении входных данных;
- автоматизация перебора вариантов эксперимента с помощью таблиц подстановки (в Excel)/совмещенных операций (в OpenOffice/LibreOffice);
- реализация алгоритмов обработки данных по технологии «программирование без программирования»<sup>1</sup>.

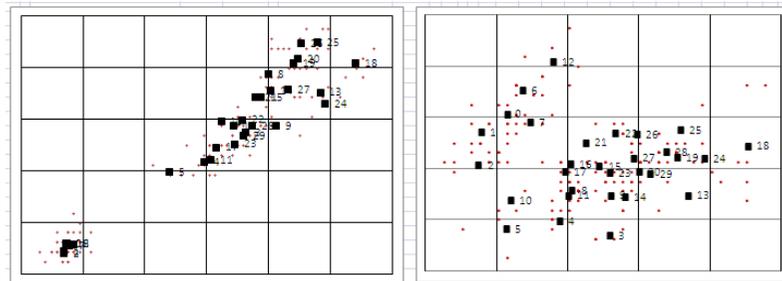
Самыми мощными из них, с нашей точки зрения, являются реализация алгоритмов без написания программного кода [5], и условное форматирование, позволяющее наблюдать динамику изменения содержимого ячеек ЭТ непосредственно в процессе вычислений. Именно эти две уникальные возможности поднимают электронные таблицы на недостижимую высоту по сравнению с другими средствами анализа и визуализации данных, хотя обычно ЭТ и уступают им в быстродействии. Ярким примером здесь является MATLAB, который, несомненно, превосходит электронные таблицы по своим математическим ресурсам, но сильно уступает ЭТ по средствам визуализации данных. В частности, пользовательский интерфейс стандартного вывода таблиц на экран в MATLAB оставляет желать много лучшего, и не идет ни в какое сравнение с табличным представлением данных в ЭТ.

Еще одной важной особенностью электронных таблиц является эффективность процесса креативной разработки, как в части простоты создания пользовательского интерфейса, так и табличной реализации собственно алгоритма

<sup>1</sup> Три последних пункта этого списка, по существу не являясь таковыми, все же отнесены нами к элементам визуализации, т.к. они существенно облегчают и ускоряют анализ и визуализацию полученных результатов.

вычислений. В литературе по программной инженерии имеются сведения об использовании ЭТ для создания новых программных продуктов и приводятся сравнительные оценки трудоемкости программирования в различных средах на основе функциональных баллов [6]. Оценки мощности разных сред путем расчета числа строк кода, которые требуется написать для программирования одного функционального балла, следующие: Assembler – 320, С – 128, Pascal – 91, С++ - 53, Java – 53, ЭТ – 6, - т.е. трудоемкость реализации алгоритма вычислений в ЭТ почти на порядок меньше трудоемкости такой же работы даже в современных объектно-ориентированных средах программирования.

На рис.3 показаны точечные графики и табличные представления С-, УН- и Р-матриц, полученные по результатам кластеризации цветов ириса клеточной нейронной сетью Кохонена, реализованной нами в Excel чисто табличными средствами, без написания программного кода VBA [7]. В УН- и Р-матрицах здесь используется условное форматирование, что позволяет пользователю в интерактивном режиме управлять порогом выделения границ кластеров. Вторым важным достоинством электронных таблиц является то, что визуальное представление С-, УН- и Р-матриц совмещено с числовыми данными, давая пользователю возможность одновременно получать не только качественные, но и количественные результаты анализа.

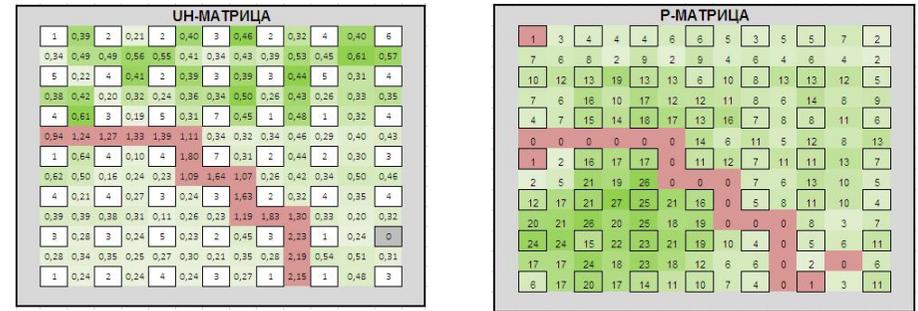


а)

X2	1	2	3	4	5	6	7
1	0,02	0,17	0,34	0,36	0,63	0,72	0,89
2	-0,06	0,07	0,14	0,45	0,54	0,48	0,64
3	-0,23	-0,03	0,09	0,17	0,36	0,59	0,55
4	-0,9	-0,85	-0,85	0,23	0,22	0,41	0,58
5	-0,91	-0,85	-0,84	-0,83	0,24	0,32	0,38
6	-0,79	-0,79	-0,86	-0,83	-0,84	0,32	0,24
7	-1	-0,86	-0,79	-0,81	-0,93	0,19	0,12

X4	1	2	3	4	5	6	7
1	-0,06	0,08	0,03	0,13	0,47	0,64	0,9
2	-0,3	-0,28	-0,08	0,02	0,17	0,39	0,44
3	-0,61	-0,2	-0,23	0,06	0,33	0,33	0,11
4	-0,89	-0,71	-0,64	0,37	0,14	0,22	0,19
5	-0,96	-0,81	-0,59	-0,37	-0,08	-0,03	-0,18
6	-0,76	-0,59	-0,54	-0,42	-0,35	-0,28	-0,23
7	-0,83	-0,64	-0,56	-0,33	-0,17	-0,67	-0,39

б)



в)

№	Образцы кластера	Класс	Индекс
21	:53;	2	
27	:105;108;132;134;145;	3	
28	:59;87;89;95;100;	2	
29	:51;78;98;99;	2	
18	:83;88;70;83;	2	
16	:115;123;126;133;	3	
22	:58;80;78;	2	
23	:54;81;82;89;90;93;151;152;	2	
11	:84;85;89;71;74;81;	2	
17	:57;72;75;87;92;94;	2	
26	:108;137;144;	3	
9	:65;88;103;124;	23	
8	:107;129;139;148;149;	3	
14	:116;121;146;	3	
13	:138;141;	3	
20	:101;114;125;142;	3	
26	:102;109;111;117;119;128;150;	3	
24	:122;130;140;	3	
18	:110;112;118;120;127;135;	3	
3	:52;88;136;	23	
4	:56;82;80;84;98;97;	2	
5	:66;73;79;91;	2	
10	:77;113;	23	
19	:104;131;143;147;	3	
12	:19;25;28;29;31;40;45;	1	
1	:1;2;3;9;12;15;17;24;34;42;	1	
0	:8;10;22;23;26;32;37;41;	1	
6	:14;20;39;46;48;50;	1	
7	:4;5;7;27;38;47;49;	1	
2	:8;11;13;16;18;21;30;33;35;38;43;44;	1	

г)

Рис.3. Визуализация результатов кластеризации НС Кохонена в электронных таблицах:  
а) точечные графики координат образцов и нейронов обученной НС, б) С-карты,

в) UH- и P-матрицы, г) визуализация принадлежности образцов кластерам гистограммами.

Рис.4. иллюстрирует визуализацию табличных данных от минимального до максимального значения с помощью градиентной заливки. Получаемый «атлас цветов» очень наглядно отражает отношения и корреляцию координат выборки данных.

В заключение статьи приведем сводную таблицу (табл.1), отражающую эффективность рассматриваемых сред разработки применительно к решению различных задач анализа и визуализации результатов кластеризации многомерных данных нейронной сетью Кохонена.

№	С	О	Е	Р	В	Н	К	Л	М	Н	О	Р	Q	R	S	T	U	V	W
1	Векторбанк	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
2	Сбербанк	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
3	АКБ РОСБАНК	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
4	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
5	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
6	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
7	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
8	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
9	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
10	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
11	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
12	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
13	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
14	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
15	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
16	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
17	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
18	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
19	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
20	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
21	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
22	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
23	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
24	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
25	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
26	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
27	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
28	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
29	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
30	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
31	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
32	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
33	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
34	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
35	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
36	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
37	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
38	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
39	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177
40	АКБ РОСБАНК (САО)	1247020	1232177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177	2442177

Рис.4. Визуализация табличных данных с помощью градиентных заливок ячеек ЭТ

Таблица 1

Задачи анализа и визуализации при кластеризации многомерных данных НС Кохонена

Задача анализа и визуализации	Excel	Matlab	Deduc-tor	OpenOf- fice/LibreO ffice
Статистический анализ свойств обучающих многомерных выборок данных	+	+	+/-	+
Генерация модельных обучающих многомерных выборок данных	+	+	-	+
Предобработка обучающих многомерных выборок данных	+	+	-	+

Задача анализа и визуализации	Excel	Matlab	Deduc-tor	OpenOf- fice/LibreO ffice
Анализ и визуализации образцов обучающих многомерных выборок данных (сортировка, фильтрация, форматирование)	+	-	-	+
Визуализация данных с помощью графиков	+	+	+/-	+
Быстрое создание пользовательского интерфейса для обработки многомерных выборок данных	+	+/-	-	+
Погруженность модели НС Кохонена в вычислительную среду (наличие языка программирования)	+	+	-	+
Программное управление ходом выполнения множественных итераций [5, 8]	+	+	-	+
Реализация алгоритма обучения НС Кохонена без написания программного кода	+	-	-	+
Высокая скорость обучения НС Кохонена	-	+	+/-	-
Креативная модернизация алгоритма обучения НС Кохонена, эффективность его тестирования и отладки	+	-	-	+
Пошаговое выполнение алгоритма обучения НС Кохонена	+	+/-	-	+
Визуализация работы алгоритма обучения НС Кохонена средствами условного форматирования	+	-	-	+
Прост				

*Библиографический список*

1. Дьяконов, В.П. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2+Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. Серия «Библиотека профессионала». – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. – 456 с.
2. Кохонен, Т. Самоорганизующиеся карты [Текст] / Т. Кохонен. - Пер. 3-го англ. изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 655 с.
3. Аникин, В.И. Моделирование и исследование клеточной нейронной сети Кохонена в электронных таблицах / В.И. Аникин, А.А. Карманова. – XVII Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2015»: Сборник научных трудов. В 3-х частях. Ч.2. – М.: НИЯУ МИФИ, 2015 – с.118-127
4. BaseGroup Labs. Технологии анализа данных [Электронный ресурс] / Режим доступа: www.basegroup.ru
5. Аникин, В.И. Технологии имитационного табличного моделирования численных алгоритмов: Монография [Текст] / В.И. Аникин, О.В. Аникина, П.Ф. Зибров. – Тольятти: ТГУ, 2011. – 150 с.
6. Гецци, К. Основы инженерии программного обеспечения [Текст] / К. Гецци, М. Джазайери, Д. Мандриоли. – 2-е изд: пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 832 с.
7. Аникин, В.И. Обучение искусственной нейронной сети Кохонена клеточным автоматом / В.И. Аникин, А.А. Карманова. - Информационные технологии. – 2014, № 11. - с.73-80
8. Питоньяк, Э. OpenOffice.org pro. Автоматизация работы [Текст] / Э. Питоньяк. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 512 с.

© Аникин В. И., Карманова А. А., 2015

УДК 004.771

**К. В. Анфалов\***

*\*Анфалов Константин Владимирович, ассистент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
anfalow@gmail.com*

**А. Д. Железнов\***

*\*Железнов Александр Дмитриевич, студент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
lordever@mail.ru*

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЁННОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫМ СТЕНДОМ**

*Ключевые слова: мультимедийные кабельные сети, программное обеспечение, удалённое управление, виртуальные локальные сети.*

*Рассмотрены вопросы, связанные с описанием разработки удалённого программного обеспечения для удалённого управления сетевым стендом. Основные цели проекта и важность применения современных технологий при обучении студентов в общеобразовательных учреждениях.*

### **Введение**

В настоящее время набирает популярность технологии позволяющие удалённо проводить настройку оборудования. Актуальность технологии дистанционного управления важна среди всех направлений ИТ инфраструктуры, а также полезна в образовательной сфере.

Так как настройка оборудования не может начаться перед непосредственным построением топологии, то общее время настройки всей сети, в зависимости от поставленной задачи, может занимать несколько часов. Более того, если оборудование монтировано в стенд, возникает некоторое неудобство с подключением компьютера к сетевому стенду. Данный проект позволит менять логическую топологию без изменения физической структуры сети.

Целью выполнения данной исследовательской работы является разработка программного обеспечения дистанционного управления сетевым стендом, для последующего дистанционного обучения студентов в области телекоммуникаций.

### **Описание разработки**

Выбор технологии всегда требует к себе повышенного внимания вне зависимости от поставленной задачи. Для разработки программного обеспечения удалённого управления сетевым стендом, нужно построить физическую и логическую структуру сети. Устройство физической структуры сети – это в первую очередь описание физического подключения устройств и конкретное описание сетевого оборудования, а также построение физической топологии сети. Схема физической структуры сети приведена на рисунке 1.

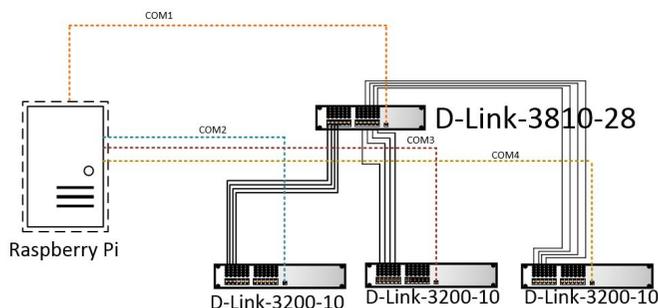


Рис.1. Физическая структура сети

На рисунке 1, показано как выглядит связь устройств друг с другом. Каждый коммутатор подключается через последовательный порт к устройству Raspberry Pi. Данное устройство конвертирует сигнал, полученный из последовательного порта в команды, а также обрабатывает информацию, полученную от пользователей и передаёт её через COM-порт на сетевые устройства. Для изоляции портов коммутаторов DES-3200 будет использована технология VLAN, стандарта IEEE 802.1Q. Так как в лабораторных работах пользователям часто приходится сталкиваться с настройкой своих собственных виртуальных локальных сетей, возникает необходимость в создании VLAN, внутри уже созданной виртуальной локальной сети, для ошибки в следствии «наслаивания» VLAN. Для этого используется одно из расширений стандарта 802.1Q – Double VLAN (Q-in-Q). На рисунке 2, также представлена логическая структура сети.

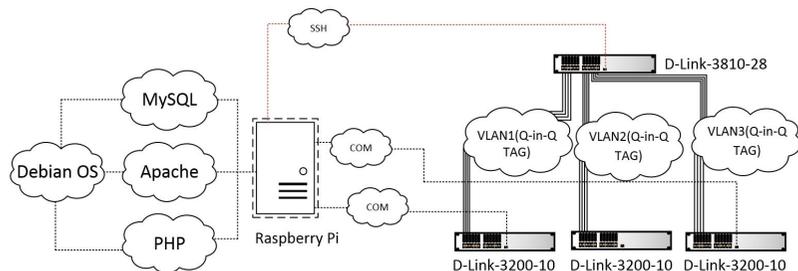


Рис.2. Логическая структура сети

На данном рисунке показана реализация такой сетевой технологии, как Double VLAN или Q-in-Q. Необходимость использования двойного тегирования в нашем проекте обусловлена потребностью пользователей реализовывать свою топологию с использованием виртуальной локальной сети. Для того, чтобы не возникало наслаивания нескольких виртуальных локальных сетей, на каждый порт коммутатора будет настроен Double VLAN.

Для удалённого управления оборудованием будет использоваться WEB-интерфейс, размещённый на веб-сервере Apache, на котором будет наглядно показана топология сети и оборудование, к которому можно подключиться, а также консоль, которая будет работать аналогично консоли так, если бы проводилось непосредственное физическое подключение к оборудованию. Для реализации консоли через WEB-интерфейс, при подключении к коммутатору DES-3810 будет использоваться функция управления через COM-порт, а при подключении к коммутаторам DES-3200, будет использован способ управления через протокол SSH. Для реализации консоли в WEB-интерфейсе с помощью протокола SSH и управления через COM-порт, также используется скриптовый язык общего назначения PHP, а также свободная реляционная система управления базой данных MySQL. Также база данных и скрипты PHP пользователя, будут обрабатываться на Raspberry Pi. Данные инструменты будут подробно описаны в следующем разделе.

#### Анализ инструментов для разработки

Для разработки любого программного обеспечения требуется несколько инструментов, с помощью которых разработчик сможет реализовать своё конкретное решение. Данными инструментами могут являться языки программирования, а также системы управления и базы данных. Существует большое количество различных инструментов для разработки, которые применяются в различных проектах и решениях. В этом разделе будет проведён анализ инструментов для разработки программного обеспечения удалённого управления сетевым стендом. Для анализа были выбраны несколько инструментов, такие как PHP, AJAX, MySQL.

Данные инструменты были выбраны в следствии анализа эффективности технологии, которая достигается путём выгодного взаимодействия каждого инструмента друг с другом. Так, PHP является хорошим инструментом для работы, связанной с обработкой данных. Аналогами могут являться такие языки программирования, как Java, Python, C++, но так как программное обеспечение будет реализовано только на веб-платформах, было принято решение использовать PHP. MySQL, является достаточно простым инструментом для управления реляционными базами данных, который идеально подходит для работы с PHP, с помощью программного обеспечения – PHPMysqlAdmin. Аналогами MySQL является такие СУБД, как Oracle database, MSSQL, PostgreSQL. AJAX же применяется в проекте, благодаря эффективности технологии, работающей на стороне клиента. Аналогами AJAX могут служить и такие инструменты, как HTML 5 и FLASH, однако решение использовать именно технологию AJAX было принято в следствии полученного опыта работы с данной технологией и простоте её реализации.

#### Пример лабораторной работы

После того, как проект будет успешно реализован, студенты смогут выполнять лабораторные работы в более комфортных условиях и подробно ознакомиться с областью телекоммуникаций без построения физической топологии сети. К примеру, можно отнести лабораторную работу, в которой необходимо настроить виртуальную локальную сеть между двумя коммутаторами. Графическое изображение данной работы представлено на рисунке 3.

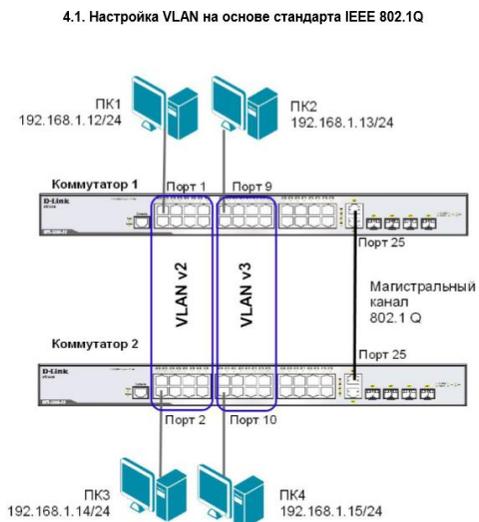


Рис.3. Лабораторная работа

Ранее, студентам необходимо было подключить свой компьютер консольным кабелем к сетевому оборудованию и соединить порты коммутаторов друг с другом. После выполнения этих действий можно было бы приступить к разработке логической топологии. Реализация программного обеспечения дистанционного управления позволяет сократить время на разработку физической топологии, а также позволяет студентам сразу приступить к построению логической топологии сети.

Для того, чтобы удалённо получить доступ к консоли коммутатора, пользователю необходимо сначала зарегистрироваться, введя уникальный логин и пароль в веб-интерфейсе. В базе данных предусмотрено функция уникального индексирования логина и шифрования пароля, а также скрипт, проверяющий корректность введения логина и пароля. После успешной регистрации, пользователя уведомляют об успешной записи введённых им данных и предлагается перейти на страницу авторизации, где пользователю необходимо также ввести свой логин и пароль. В случае ошибки ввода данных, пользователя предупредит сообщение о некорректном вводе логина или пароля. В том случае, если авторизация прошла успешно, реализуется редирект на главную страницу консольного управления сетевым оборудованием, где пользователю представлен веб-интерфейс, с возможностью ввода и вывода консольной информации коммутаторов. Между консолями коммутаторов также можно переключаться: обновление происходит в режиме реального времени, используя технологии AJAX.

Однако, если использовать программное обеспечение для удалённого управления сетевым стендом, то выполнение построения логической тополо-

гии будет немного иным. Графически это можно представить так, как показано на рисунке 4.

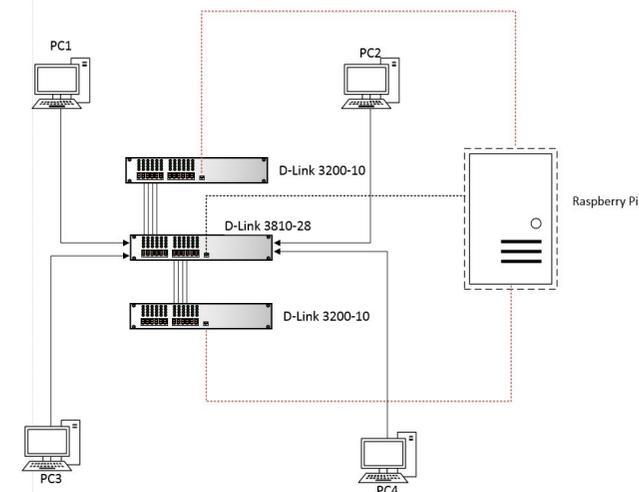


Рис.4. Схема выполнения лабораторной работы

Данная схема демонстрирует некоторую разницу между обычным подключением коммутатора к компьютеру и использованием программного обеспечения удалённого управления. Здесь, коммутаторы D-Link 3200-10 не подключены друг к другу, как показано на рисунке 3, а подключены к общему коммутируемому устройству – D-Link-3810-28, который выполняет магистральную функцию, соединяющий между собой эти 2 коммутатора. В то же время все сетевые устройства подсоединены к Raspberry Pi, который отправляет и принимает консольные сообщения коммутаторов, с помощью функции управления через последовательный порт.

Когда пользователь отправляет консольную команду, данное сообщение идентифицируется на Raspberry Pi и отправляется на коммутатор. Как только коммутатор принял информацию, он отправляет обратное сообщение, хранящее в себе успешное или неудачное выполнение команды. Данные обрабатываются Raspberry Pi, и выводятся в консольное окно веб-интерфейса. В случае, если команда не была выполнена, пользователь также увидит сообщение об ошибке. Стоит отметить, что на портах коммутатора D-Link-3810-28 будет настроено двойное тегирование, позволяющее решить проблему «наслаивания» нескольких виртуальных локальных сетей, тем самым, не вызывая технических сбоев. Также, по завершению работы, пользователь сможет сохранить конфигурацию на TFTP сервере, и позже продолжить работу.

#### Заключение

Разработка и реализация программного обеспечения для удалённого управления сетевым стендом в первую очередь важна для увеличения качества обу-

чения студентов. Учитывая доступность ресурса для каждого студента вне зависимости от его места положения существенно облегчает работу с телекоммуникационным оборудованием и экономит время на построение физической топологии сети. Все эти достоинства не только позволяют организовать современный подход к обучению, но и повышают престиж университета.

Однако, существуют и недостатки. Необходимо хорошо понимать топологию сети и правильно поддерживать коммутацию, и в случае нарушения работы системы, успешно устранить неполадки. Также существует проблема с расходом портов коммутаторов, так как для построения физической топологии, нам понадобится задействовать практически все порты коммутаторов.

#### *Библиографический список*

1. Анфалов К.В. Проектирование удаленной сетевой лаборатории Cisco [Текст] / К.В. Анфалов, С.Н. Литяев // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. 2015. № 5. С. 49-54.
2. Васин, Н. Н. Основы сетевых технологий на базе коммутаторов и маршрутизаторов [Текст] : учеб. пособие / Н. Н. Васин. - Библиогр.: с. 253. - М. : Ун-т информ. технологий [и др.], 2014. - 270 с.
3. Гришин, А. В. Промышленные информационные системы и сети [Текст] : практ. рук. / А. В. Гришин, Ю. П. Страшун. - Библиогр.: с. 162-166. - М. : Радио и связь, 2012. - 176 с.
4. Суворов, А. Б. Основы технологий массовых телекоммуникаций [Текст] : А. Б. Суворов ; [под ред. Г. В. Кудинова]. - Библиогр.: с. 508-509. - Ростов н/Д. : Феникс, 2014. - 509 с.
5. Таненбаум, Э. С. Компьютерные сети [Текст] / Э. С. Таненбаум, Д. Уэзеролл ; [пер. с англ. А. Гребеньков]. - 5-е изд. - СПб. : Питер, 2014. - 955 с.
6. Смирнова Е. В. Технологии коммутации и маршрутизации в локальных компьютерных сетях [Текст] : Е. В. Смирнова, А. В. Пролетарский, Е. А. Ромашкина [и др.] ; под общ. ред. А. В. Пролетарского. - Библиогр.: с. 391. - М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - 392 с.

© Анфалов К. В., Железнов А. Д., 2015

УДК 681.5

**К. В. Анфалов\***

*\*Анфалов Константин Владимирович, ассистент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
anfalow@gmail.com*

**Д. А. Салауров\***

*\*Салауров Данила Александрович, студент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
d.salaurov@yandex.ru*

**И. В. Тимофеев\***

*\*Тимофеев Иван Владимирович, студент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
linkinek@mail.ru*

### **ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМ ОБОРУДОВАНИЕ D-LINK**

*Ключевые слова: Raspberry Pi, Java, коммутатор, удаленное управление.*

*В статье рассмотрены механизмы управления, актуальность удаленного управления на данный момент. Рассмотрена разработка программно-аппаратного комплекса. Описаны методы и функции Java, используемые для разработки программного обеспечения. Описана база данных, используемая в проекте и взаимодействие серверной части и базы данных.*

Современные сетевые технологии не стоят на месте, и удаленное управление быстро входит в сферу сетевых технологий. Удаленное управление очень актуально на данный момент. С его применением становится проще управлять оборудованием, так как из одного места можно получить доступ сразу к нескольким оборудованием не зависимо от его удаленности и местоположения. При возможности удаленно подключаться к оборудованию нет необходимости напрямую подключаться к нему и находиться физически рядом с ним.

Актуальность работы состоит в том, что с помощью одного устройства можно организовать удаленный доступ сразу к нескольким устройствам, не занимая при этом много места в помещении рядом с оборудованием. Такое устройство поможет экономить время и средства для обслуживания оборудования, администрирования сети, а также облегчит обучение студентов и специалистов.

Для решения задач по разработке программно-аппаратного комплекса достаточно одного устройства Raspberry Pi и несколько UART переходников USB-SOM. Для разработки программного обеспечения стоит рассмотреть существующие механизмы подключения.

Если смотреть на удобство и наглядность управления оборудованием, то можно использовать веб-интерфейс. Зачастую не всё можно настроить из веб-интерфейса, но основные настройки можно провести быстро и удобно. Для такого подключения не нужно прямое подключение к оборудованию.

Если сравнивать механизмы управления, то можно сделать некоторые выводы по каждому из них.

С помощью серийного кабеля можно напрямую подключиться и использовать все возможности по настройке. Но при этом управление будет через так называемую командную строку. Такой способ управления даёт полный доступ к функциям оборудования. Из минусов такого способа можно считать то, что нужно быть “привязанным” проводом и находится рядом с устройством.

Не привязываясь к устройству физически, можно управлять через Telnet и SSH. SSH в отличие от telnet имеет шифрование. В обеих технологиях подключение происходит через IP адрес устройства. Telnet даёт минимальные функции, которые можно расширять с помощью опций, но при этом нужно чтобы опция была включена на обоих устройствах, если это правило не соблюдено, то опция работать не будет.

Удаленное управление компьютером популярен достаточно сильно. С его помощью можно управлять приложениями, файлами, получать информацию и доступ к серверам, а также получить полный доступ над удаленным компьютером. Технология удаленного подключения к оборудованию открывает широкий круг возможностей как для корпоративных, так и для частных пользователей, которые хотят оставаться активными и мобильными и в то же время иметь оперативный доступ к рабочим и домашним компьютерам независимо от местоположения, нужен только доступ к интернету. В наши дни удаленный доступ к компьютеру и преимущества, которые он предоставляет, давно вышел за рамки простого удобства. Теперь это необходимость, и бизнес все большего количества компаний зависит от технологий удаленного подключения к компьютерам. Удаленная техподдержка, системное администрирование, бизнес-конференции онлайн, дистанционное обучение – наиболее широкие сферы применения данной технологии.

Пользователь с помощью браузера сможет получить доступ к оборудованию. В браузере он увидит так называемый клиент, похожий на консоль, с помощью которого будет отправлять и получать сообщения от сервера.

Как видно из схемы, сервер, роль которого выполняет устройство Raspberry Pi. На сервере установлена операционная система Debian OS, на которой развернуты такие службы, как PHP, Apache и MySQL. Raspberry Pi подключен напрямую COM портами к коммутаторам, которым будет отправлять и от которых будет получать сообщения. Так же с помощью SSH подключен к главному коммутатору, которому будет передавать настройки и прочие конфигурации.

При подготовке к разработке архитектуры приложения мы анализировали и выбирали язык программирования, подходящий под наши задачи. В ходе подготовки был выбран язык программирования Java. В Java имеется множество библиотек для работы с COM портами, по этому трудности в поиске библиотек не возникло. Все они достаточно функциональны, но какие-то из них уже прекратили свою поддержку. Для разработки прямо на мини-компьютере, на него необходима установка среды разработки и OpenJDK.

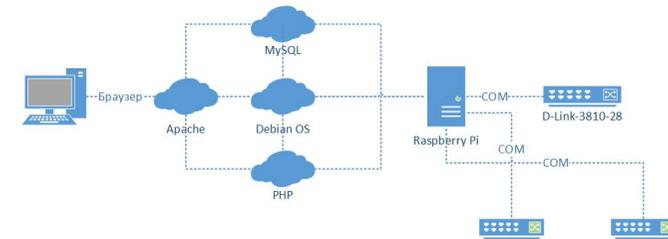


Рис. 1. Структурная схема

Сервер, написанный на Java размещен на Raspberry Pi. Его задача состоит в том, чтобы синхронизировать состояния устройств и базы данных, постоянно анализируя изменения в базе данных и слушая COM порты на наличие сообщений.



Рис. 2. Блок

схема работы программы

В процессе разработки использовались несколько библиотек, одна из них для работы с базой данных, другая для работы с COM портами.

Для работы с базой данных использовалась стандартная библиотека java.sql. Методы, которыми мы пользовались:

DriverManager.getConnection() для установки соединения с базой данных. Она требует URL базы данных, логин и пароль от нее. После установки соединения, мы можем делать любые запросы к базе.

Для того, чтобы собственно сделать запрос, мы используем метод statement.execute(), который требует в текстовом поле сам запрос к базе данных.

Так как нам нужно не только отправлять, но и получать данные из базы, нам потребуется еще пару строк, приведенных ниже

```
ResultSet rs;
Connection dbConnection;
Statement statement = dbConnection.createStatement();
rs = statement.executeQuery(selectLastDate);
rs.next();
```

ResultSet используется для создания массива данных, для приема полученных значений. Далее через метод next() мы переходим на следующее значение и забираем его, если нужно.

Теперь рассмотрим библиотеку для работы с COM портами. В ходе работы использовалась библиотека jSSC - (Java Simple Serial Connector). Всё что нам нужно будет, это в разных потоках установить соединение и слушать порты. Ниже приведены функции и их описание.

Передача название COM порта в конструктор - serialPort = new SerialPort("COM1")

Открытие порта - serialPort.openPort()  
Установка параметров соединения - serialPort.setParams(SerialPort.BAUDRATE\_9600, SerialPort.DATABITS\_8, SerialPort.STOPBITS\_1, SerialPort.PARITY\_NONE)

Отправление запроса устройству - serialPort.writeString("Get data")

Получать результаты мы будем командой:

String data = serialPort.readString(event.getEventValue());

Серверная часть проекта работает только с 2 таблицами базы данных, а именно таблица console и devices.

В таблице console содержится

В таблице devices находится

Для разработки интерфейса клиента использовался PHP и AJAX для динамического обновления страниц. В клиенте пользователю будет предоставлен выбор оборудования и строка куда он будет вводить сообщения. Задача интерфейса состоит в том, чтобы отправлять и получать данные введенные пользователем в базу данных. Использование технологии AJAX в нашем проекте полезна тем, что пользователю будет удобнее просматривать информацию. JavaScript по таймеру будет обращаться к базе данных, за актуальной информацией, и если в базе есть информация более новая, чем у клиента, то JavaScript подгружает новую информацию. Так же скрипт срабатывает при нажатии на кнопку отправить, чтобы показать, что сообщение отправилось и записалось в окно и так же его обновить.

#### Библиографический список

1. Брюс Эккель. Философия Java, 4-е издание [Текст] / Брюс Эккель. - Питер, 2015 – 1168 с.
2. Работаем с COM-портом из Java при помощи jSSC [Электронный ресурс] <http://habrahabr.ru/post/133766>
3. Таненбаум Э. С. Компьютерные сети : [пер. с англ.] / Э. Таненбаум. - - СПб. : Питер, 2014- 960 с.
4. Смирнова Е.В. Построение коммутируемых компьютерных сетей. [Текст] / Е.В. Смирнова, А.В. Пролетарский, И.В. Баскаков, Р.А. Федотов - 1-е изд. - Библиогр.: с. 367. - СПб. : Москва, 2012. - 367 с.
5. Смирнова Е.В. Управление коммутируемой средой. [Текст] / Е.В. Смирнова, А.В. Пролетарский, И.В. Баскаков, Р.А. Федотов М.: РУСАКИ, 2011.335 с.
6. Анфалов К.В. Проектирование удаленной сетевой лаборатории Cisco [Текст] / К.В. Анфалов, С.Н. Литяев // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. 2015. № 5. С. 49-54.

© Анфалов К. В., Салауров Д. А., Тимофеев И. В., 2015

УДК 004.771

**К. В. Анфалов\***

*\*Анфалов Константин Владимирович, ассистент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
anfalow@gmail.com*

## ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО ЗАНЯТЫМ ТЕЛЕФОННЫМ КАНАЛАМ

*Ключевые слова: передача служебных сообщений, занятые телекоммуникационные каналы, счетчики, ЖКХ, VoIP.*

*Целью данной статьи является рассмотрение актуальности создания системы передачи информации от счетчиков по занятым телефонным каналам. В рамках статьи рассматриваются возможные сферы применения в сфере ЖКХ и системах IP телефонии с применением аналоговых линий.*

В настоящее время огромное значение в социальной жизни нашей страны играет жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ). Для местного бюджета финансирование работ по обслуживанию и содержанию жилого фонда образует существенный центр затрат, который важно сбалансировать в процессе бюджетирования. Потребители в отношении таких услуг заинтересованы скорее в повышении качества, чем в снижении стоимости. Один из основных путей к повышению качества с одновременным снижением стоимости таких услуг - применение наукоемких технологий.

Наукоемкие технологии могут улучшить качество предоставляемых коммунальных услуг через применение:

- новых наукоемких диагностических систем и технологий, позволяющих вовремя предупредить или избежать аварии, проанализировать состав подаваемых ресурсов, снизить перепады в сетях и непродуктивные потери подаваемых ресурсов; сократить время ремонта и модернизации трубопроводов, увеличить период службы сетей;
- информационных технологий для сбора, преобразования и хранения полученных данных, принятия обоснованных оперативных управленческих решений.

Как правило, такие разработки одновременно снижают стоимость предоставления жилищно-коммунальных услуг. Приоритет принадлежит наиболее затратоемкому электро-, водо- и теплоснабжению.

Удельное водопотребление в жилищном фонде значительно превышает технически обоснованное и в целом в 2-2,5 раза больше средневропейского. Дело не только в отношении потребителей, но и в расчетах. При отсутствии счетчиков воды начисления за водоснабжение устанавливаются исходя из установленных нормативов, позволяющих покрывать непроизводственные потери в сетях, в т.ч. сверхнормативные, за счет потребителей – «бесприборников» и бюджета. Причем потери во внедомовых сетях составляют ежегодно значительный процент от всего объема поданной воды (около 20 %). По мнению

специалистов резервы экономии за счет тепло-, водо- и энергосберегающих проектов могут достигать 50 %.

Известный тезис теории качества «чтобы чем-то управлять, необходимо это что-то сначала измерить» весьма актуален и для энергоресурсосбережения. Тепло- и водосчетчики в жилых домах позволяют не только учесть потери ресурсов, но и сократить их.

Помимо исключения оплаты сверхнормативных потерь во внедомовых сетях потребителями выделяются несколько критериев эффективности установки тепло- и водосчетчиков:

- 1) нивелирование превышения нормативного потребления над фактическим;
- 2) приведение в соответствие рассчитываемой тепловой нагрузки реальной (например, неработающая, но оплачиваемая вентиляция);
- 3) экономия ресурсов потребителями (регулирование комнатной температуры не с помощью форточки, а через систему с множественностью режимов, позволяющих снижать температуры в ночное время, при отсутствии жильцов);
- 4) предупреждение или быстрая ликвидация аварий при выявлении утечек, перепадов в давлении и пр., сохранение сетей.

Аналогично, электронные таймеры на приборах отопления а административных зданиях могут позволить отключать отопление в выходные, праздничные дни или ночью. Такие приборы сэкономят значительные бюджетные средства.

Помимо счетчиков для улучшения работы систем тепло- и водоснабжения потенциал наукоемких технологий может реализоваться в:

- создании оптимальных режимов работы насосов на ЦТП с помощью частотно-регулируемых электроприводов, что позволяет значительно снизить расход воды и электроэнергии;
- внедрении компьютеризированных систем контроля энергопотребления;
- в установке датчиков пожарной и охранной сигнализации в инженерных системах, автопожарных систем, устройств защитного отключения энергоустановок от сети, в случаях перенапряжения на вводах в жилые дома, утечки тока из-за повреждения изоляции, возгорания, износа; датчиков химического состава подаваемой воды; новых безвредных для здоровья и окружающей среды фильтров очистки воды; новых высокоэффективных составов и методов очистки коммунальных систем и пр.

Как правило, преобразования должны носить комплексный характер, например, частотно-регулируемые электроприводы нагнетателей на ЦТП включают установку системы автоматического управления с целым комплексом оборудования (адаптеры сети, ключи управления, приборы и датчики, панель оператора и пр.), именно такой комплекс дает значительную экономию средств.

Потенциал электронной промышленности, реализованный в применении информационных технологий, способен повысить эффективность работы по уменьшению задолженности, привести к снижению расходов, связанных с начислением и сбором коммунальных платежей при постоянно меняющихся тарифах. Примером их применения могут быть глобальные сети с обменом

информацией по каналам связи и созданием баз данных, обработкой платежей с использованием штрих кодирования, программное обеспечение работы с неплательщиками с записью разных голосовых сообщений, автодозвоном, определение факсимильных аппаратов, модемов и АОНов, выявление возможных нелегальных квартиросъемщиков и пр.

Таким образом, единственно возможный путь сокращения затратоемкости и дотационности жилищно-коммунальной отрасли - это применение наукоемких технологий. Только они позволяют значительно снизить стоимость коммунальных услуг с одновременным повышением качества.

Приоритет в реализации потенциала электронной промышленности в ЖКХ принадлежит разработке различных модификаций водо-, теплосчетчиков, новых частотно-регулируемых электроприводов для ЦТП и теплообменников, диагностического оборудования, а также систем автоматического управления.

Сегодня акцент в развитии городской инфраструктуры, в том числе при применении наукоемких технологий, делается на бюджетные средства. Между тем существует множество заинтересованных сторон, которые могут стать инвесторами или гарантами такого проекта. Два обязательных участника наукоемких проектов, обеспечивающих спрос и предложение в наукоемком проекте - это предприятия ЖКХ и электронной промышленности. Третьей заинтересованной стороной в реализации таких проектов являются органы местного самоуправления. Они владеют реальными рычагами жилищно-коммунальных преобразований ввиду их приближенности и заинтересованности в решении проблем конкретного муниципального образования, а также финансовой и административной зависимости предприятий ЖКХ от местных органов.

Таким образом, выделяются три стороны, заинтересованные в реализации наукоемких жилищно-коммунальных проектов: электронное и коммунальное предприятия, органы местного самоуправления (может быть вовлечено несколько уровней, например района и округа). Хотя администрация муниципального образования готова выделять средства на внедрение ресурсосберегающих технологий, но объема выделяемых бюджетных ресурсов для таких капиталоемких мероприятий недостаточно.

Вовлеченной стороной может также являться строительная организация. Это обусловлено как экономическими, так и административными условиями.

Во-первых, применение новых наукоемких технологий способно повысить стоимость строящегося объекта в результате снижения будущих эксплуатационных издержек. Во-вторых, в странах с рыночной экономикой применяются следующие административные формы участия застройщиков в развитии городской инфраструктуры: плата в натуральной и денежной форме, договорные отчисления, фиксированные сборы.

Финансовые ресурсы на реализацию наукоемких проектов можно привлечь в основном через банковские институты. Привлечение внешних источников финансирования, кроме того, увеличит рентабельность проекта посредством эффекта финансового рычага.

Вышеизложенное является экономической предпосылкой внедрения наиболее затратоемких автоматизированных систем контроля и учета электро-,

водо- и теплоснабжения и подчеркивает актуальность работ в области совершенствования таких систем.

Одним из наиболее ответственных участков построения подобных систем контроля и учета является система передачи информации от первичных датчиков до устройств регистрации. При этом наиболее важное место занимают каналы связи.

В настоящее время можно выделить несколько видов каналов связи. Наиболее естественными каналами связи являются: электропроводка; выделенные или коммутируемые телефонные или радиоканалы связи.

Очевидно, что для учета электро-, водо- и теплоснабжения в бытовом секторе от выделенных (специально созданных) каналов связи придется отказаться, из-за требований массовости подобных каналов и, как следствие, значительных материальных затрат. Естественным видом каналов связи являются «занятые» каналы связи. Под ними понимаются уже существующие каналы связи, предназначенные для иных целей, чем цели для учета электро-, водо- и теплоснабжения.

Приборы учета могут передавать служебные сигналы, например, сигналы для обеспечения синхронизации, сигналы управления и извещения и т.п. Как правило, они передаются сравнительно редко и занимают небольшую часть времени. По этой причине их называют разовыми сообщениями. Очевидно, что выделять специальные каналы для передачи таких сообщений экономически нецелесообразно.

Более выгодным является обеспечение передачи служебных сигналов по занятым каналам, по которым уже передается, как правило, непрерывно во времени различного рода информация. В рамках данной проблемы существуют задачи выбора сигналов разовых сообщений, их характеристик и методов их обработки, которые раскрыты в работах [3,7].

Применение занятых каналов связи для передачи данных раскрывает новые функциональные возможности у существующих систем связи.

На многих предприятиях уже установлены системы аналоговой телефонии, поэтому при внедрении на предприятие цифровой связи существует несколько сценариев[2]:

1. Полная замена абонентского оборудования, монтаж ЛВС и установка программного или аппаратного сервера IP телефонии.

2. Установка IP шлюза и подключение его к аналоговой станции, а также установка программного или аппаратного сервера IP телефонии.

3. Подключение аналоговых телефонов через VoIP шлюзы без использования аналоговой АТС.

Обычно в крупных компаниях используют второй или третий вариант. Первый вариант подходит для новых офисов. Используя аналоговые телефоны совместно с IP-АТС, пользователи теряют функции, которые они могли бы получить, используя IP-телефон. Это связано с невозможностью передачи данных от IP-АТС к аналоговому телефону во время телефонного разговора. Передача служебных и информационных данных от АТС к аналоговому аппарату позволит расширить функциональные возможности абонентской системы и

получить функции при использовании аналоговых телефонов доступные только при комплексном внедрении VoIP.

При передаче разовых сообщений необходимо учитывать их влияние на регулярную информацию, а также выбрать соотношение типовых сигналов и действующих помех. Автором проведен ряд исследований в работах [6,4], которые показывают возможность параллельной передачи регулярной информации и служебных сообщений.

На основе проведенного анализа в работах [3-7] и полученных данных становится возможным разработать передающую и приемную сторону системы передачи данных по занятым телекоммуникационным каналам.

#### *Библиографический список*

1. Алексеев. Е.Б. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей Учебное пособие для вузов. Е.Б. Алексеев, В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев, А.Д. Моченов, М.С. Тверецкий, М. 2012. – 392 с.

2. Гаранин М.В. Системы и сети передачи информации: М.В. Гаранин, В.И. Журавлев, С.В. Кунегин, Томск, 2012. – 338с.

3. Анфалов К.В. К вопросу выбора сигналов и методов обработки их при передаче разовых сообщений / К.В. Анфалов, В.И. Воловач, Проблемы техники и технологий телекоммуникаций (ПТиТТ-2013): материалы XIV Международной научно-технической конференции. Самара 2013. – 436 с.

4. Анфалов К.В. Спектральные и корреляционные характеристики регулярных сигналов передачи информации / К.В. Анфалов, В.И. Воловач, Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT – 2013): Сборник статей III Международной заочной научно-технической конференции. ПВГУС. 2014. – 391 с.

5. Воловач В.И. Влияние служебной информации на помехоустойчивость занятых телекоммуникационных каналов / В.И. Воловач, А.Е. Рогозин, Школа университетской науки: парадигма развития. № 3(4). 2011. С. 34-38.

6. Анфалов К.В. Comparative analysis of coding effectiveness in telecommunication systems with ARQ/ К.В. Анфалов, В.И. Воловач 11th East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2013). Ростов на Дону., 2013 С. 320.

7. Анфалов К.В., Воловач В.И., Обработка и преобразование сигналов в радиотехнических и инфокоммуникационных системах: коллективная монография М. Радио и связь 2014. С. 406-437.

© Анфалов К. В., 2015

УДК 004.62

**О. В. Артёменко\****\*Артёменко Оксана Валерьевна, студент**Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
xiangmao@mail.ru***А. А. Скорик\****\*Скорик Артур Андреевич, студент**Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
skorik-1992@mail.ru*

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СОТРУДНИКОВ ВУЗА**

*Ключевые слова: публикационная активность, цитирование, научные публикации, база данных, парсер, РИНЦ, PHP, SQL.*

*В статье описывается способ автоматизации создания отчетов по публикационной активности сотрудников ВУЗа на основе данных сайта РИНЦ. Приводятся особенности интеграции базы данных РИНЦ с информационными системами ВУЗа, на примере ФГБОУ ВПО «ВГУЭС».*

По мере развития информационных технологий, выходные документы средств накопления информации постоянно усложняются и увеличиваются в объеме. В результате появилась необходимость автоматизации самого ресурсоемкого и трудоемкого этапа деятельности подавляющего большинства организаций – аналитическая работа с отчетами. Этот этап по разным оценкам занимает около 60% времени сотрудников [1-3].

Изменилось и само представление об отчетах, они могут быть представлены как в печатном виде, так и в электронном с возможностью вывода на бумажный носитель, содержать в себе сложные вычисления, изображения, графики, диаграммы и т.д.

В связи с усложнением форм и количества отчетов особо остро встает задача создания электронных комплексов, позволяющих автоматизировать процесс сбора информации из разных баз данных для генерации отчетов.

Главная задача системы генерации отчетов - представить информацию в удобочитаемом структурированном виде. Другими словами сделать из данных - отчеты, которые можно распечатать или сохранить в различных электронных форматах.

Задачи создания отчетов, в том числе по научной деятельности, особо остро касаются бюджетных учреждений, в частности высших учебных заведений (ВУЗ), в которых в последние годы резко возросла необходимость учета и повышения показателей научной деятельности. С учетом огромного объема данных необходимых для создания отчетов по научным показателям, главным пунктом системы генерации отчетов является вывод рейтинга публикационной активности сотрудников ВУЗа.

Публикационная активность – это один из общепринятых критериев оценки научной деятельности сотрудника университета. Научные публикации яв-

ляются одним из основных способов представления научному сообществу результатов своих исследований, их анализа и выводов [4].

Наличие «высокоцитируемых» публикаций указывает на хорошую квалификацию автора и открывает перед ними широкие возможности, такие как участие в грантах, федеральных целевых программах и других мероприятиях, связанных с материальной поддержкой их научной деятельности.

Для того, чтобы ВУЗ мог самостоятельно следить за эффективностью работы своих сотрудников, за количеством публикуемых ими статей, а также за качеством этих публикаций, создается система генерации отчетов по публикационной активности.

Модуль отчета публикационной активности представляет собой одну интерактивную html-страницу, на которой контент формируется «на лету», на основе данных, полученных с разных баз данных и обработанных сервером по выбору пользователя. На странице размещаются инструменты для создания выборок по различным параметрам публикаций сотрудников ВУЗа: количеству публикаций и цитат, импакт-фактору журнала и его тематике.

Данная система включает в себя:

- автоматический подсчет итогов;
- возможность самостоятельно регулировать параметры для выборки;
- представление таблиц в виде графиков и диаграмм;
- мониторинг;
- вывод на печать;
- сохранение в формате PDF.

Система генерации отчетов несет не только контрольную функцию, но и акцентирует внимание сотрудников университета на тех направлениях деятельности, которые являются ключевыми в оценке деятельности университета Минобрнауки РФ (рейтинг вуза и аккредитация) и приоритетными для развития университета на данных период времени [5].

Мониторинг заключается в отслеживании эффективности публикационной или другой деятельности, обнаружение возможных проблем и слабых мест.

Для отображения графиков был использован бесплатный для коммерческого пользования плагин «jqPlot», который генерирует линейные, столбцовые и круговые диаграммы с большим количеством опций: стилями, форматом осей данных и времени.

Для отслеживания публикационной активности сотрудников ФГБОУ ВПО «ВГУЭС» используются данные хранилища цифровых полнотекстовых материалов интегрированных в корпоративную информационную систему. Наполнение базы данных хранилища полностью возложено на самих сотрудников университета.

В системе генерации отчетов происходит слияние внутривузовской базы данных и базы данных РИНЦ скаченной с помощью специализированного скрипта – парсера.

Вся информация, необходимая для создания отчетов в системе, берется из базы данных, заполненной с помощью парсера, который собирает информацию с сайта научной электронной библиотеки eLibrary.ru (РИНЦ).

Так как обе базы могут содержать одинаковую информацию, при их слиянии возникает проблема дублирования данных. С учетом, что внутренняя база данных хранилища заполнена вручную, существует вероятность ошибок при ее заполнении, например, допущена опечатка в названии публикации автора. При слиянии таких строк используется алгоритм, сравнивающий строки посимвольно. В случае совпадения на 90-100% строка автоматически заменяется на идентичную из базы данных, собранную парсером. При совпадении на 70-85% строка в приложении выделяется красным и сотруднику предлагается в ручную произвести одно из действий: либо заменить строку (в случае совпадения данных), либо оставить имеющуюся и добавить новую.

В системе генерации отчетов можно посмотреть все данные автора по публикациям, которые были собраны парсером, и из которых формируются отчеты по публикационной активности.

Парсер собирает информацию по автору публикации: имя автора, наличие регистрации автора в SCIENCE INDEX, количество публикаций автора, количество цитирований работ автора, индекс Хирша; по статьям: дату публикации, тип (статья, диссертация, т.д.), количество цитирований в РИНЦ по данной статье; по журналам: импакт-фактор РИНЦ по годам, присутствие журнала в списке ВАК и базе данных SCOPUS.

Итоги подсчитываются по таким критериям, как количество публикаций, количество цитирований, индекс Хирша, средневзвешенный импакт-фактор, число цитирований в РИНЦ.

Основными показателями публикационной активности являются: количество публикаций и количество цитирования, как фактор их востребованности научным сообществом.

При разработке парсера используется язык программирования PHP, т.к. этот язык предоставляет все средства для реализации поставленной задачи.

Для реализации парсера используется разбор HTML-содержимого сайта. Данные получают в формате, который представлен на сайте и разбираются на части. Получить содержимое страницы сайта можно как прямым запросом, так и эмуляцией действия пользователя в браузере.

Для прямого получения содержимого сайта по заданному адресу в каждом языке программирования содержится достаточное количество функций и объектов, это можно делать как на высоком, так и на низком уровне и не представляет особого труда. Этим методом пользуются поисковые роботы, различные программы и сервисы и это лучший метод, если страничка отдается со всей нужной информацией при прямом запросе.

Но сайт РИНЦ предоставляет информацию только после того, как страница будет загружена в браузер и обработана через Java Scripts. Поэтому для создания парсера публикационных показателей был использован специальный компонент, позволяющий эмулировать работу браузера.

В качестве библиотеки для парсинга была выбрана библиотека Zend DOM Query, т.к. по результатам проведенного тестирования показала лучший результат по скорости, а также имеет наиболее подробную документацию.

Для того чтобы реализовать отображения работы парсера в реальном времени, необходимо эмулировать постоянную связь клиента с сервером, это позволила сделать технология Comet.

Для парсера был использован подход Long-Polling, в силу простоты реализации. Long-Polling – это классическая схема подключения к серверу и ожидания данных. Скрипт обращается к серверу, получает данные и вновь подключается до окончания работы сервера.

Для отправки запросов на сервер без перезагрузки страницы была использована технология AJAX, а для упрощения ее реализации – запросов на сервер, вывода информации, получаемой от сервера – была применена библиотека jQuery.

Для получения содержимого для дальнейшего анализа с веб-страницы сайта РИНЦ была использована программа cURL, поддерживаемая языком PHP.

Основной принцип работы парсера заключается в получении HTML содержимого страниц с сайта РИНЦ с помощью программы cURL. Далее HTML содержимое страницы разбирается на составные элементы DOM-дерева средствами библиотеки Zend DOM Query.

Перед разбором HTML страницы на составные элементы необходимо проанализировать текущую структуру DOM-дерева этой страницы и выявить закономерность, по которой формируется искомая информация. Например: на сайте elibrary.ru список авторов формируется в таблице, которая состоит из 6 столбцов, искомая информация находится в последних 4 из них. В этом случае необходимо с помощью Zend DOM Query получить все строки этой таблицы, и в цикле пройти по всем строкам, отбирая данные только из 4 последних столбцов.

После получения списка авторов, идет обращение к базе данных университета со списком его сотрудников, с целью идентификации автора и его принадлежности к одному из подразделений университета.

Список статей автора на сайте РИНЦ тоже формируется в таблице, но в ней не предоставлена полная информация по статье. Поэтому из данной таблицы собирается только идентификационный номер (id) каждой статьи и id журнала, если он есть. На основе полученных идентификаторов формируется url ссылка на страницу с полной информацией о статье или журнале, соответственно.

Так же, стоит отметить, что структура страницы с информацией о статье не однородная, т.е. одни и те же данные могут располагаться в разных местах страницы, к тому же, количество отображаемых данных варьируется в зависимости от типа статьи. Все это сильно усложняет процесс сбора подробной информации о статье.

Анализ данных по журналу не вызывает никаких затруднений, т.к. структура страницы однородная, все данные представлены в виде таблицы и всегда находится в одном и том же месте.

По ходу выполнения алгоритма сбора информации, все действия парсера логируются, т.е. записываются в файл, с помощью которого потом отображается ход работы парсера для пользователя.

После окончания сбора информации, все полученные данные сохраняются в базу данных и используются в системе генерации отчетов.

Со стороны клиента отсылается AJAX запрос, который запускает алгоритм сбора данных. После чего, на клиенте начинает отображаться индикатор работы парсера и формируется второй AJAX запрос, реализованный по технологии Comet, который с интервалом в 3 секунды, отсылает запрос на получение новых сообщений. Сообщения считываются с файла логов, которые парсер пишет по ходу выполнения алгоритма.

Сообщения приходят в формате JSON и содержат информацию о типе сообщения (успех, информационное сообщение, предупреждение, ошибка), а также времени сообщения и сам текст сообщения.

После окончания работы алгоритма сбора информации, индикатор работы парсера сообщает о его завершении.

Собранные таким образом данные по публикационной активности сотрудников ВУЗа возможно интегрировать в корпоративную информационную систему, что позволит значительно повысить скорость ее дальнейшей обработки.

#### Библиографический список

1. Киты индустрии. Хегох меняет стратегию // Computer Week Moscow. – №25. – 1995. – С. 38.
2. Internet и телекоммуникации. Электронные документы изменяют представление об информации // Computer Week Moscow. – №8. – 1996. – С. 21.
3. Соловьев А.В. Обзор средств генерации отчетов. // Документооборот. Концепции и инструментарий. / Сб. трудов ИСА РАН. Под ред. члена-корр. РАН Арлазарова В.Л. и д.т.н. проф. Емельянова Н.Е. – М.: Едиториал УРСС, 2004. С. 174 – 192.
4. Сачко М.А. Применение информационно-коммуникационных технологий для повышения цитируемости научных публикаций // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. 2013. № 3. С. 258-261.
5. Положение о рейтинговой системе оценки научной деятельности кафедр Тверского государственного университета // Сайт Тверского государственного университета. 2014. URL: [http://university.tversu.ru/science/rating\\_statement.doc](http://university.tversu.ru/science/rating_statement.doc)

© Артёменко О. В., Скорик А. А., 2015

УДК 681.518.22

**В. М. Артюшенко\***

\*Артюшенко Владимир Михайлович, д.т.н., профессор

Технологический университет, г. Королёв Московской области  
artuschenko@mail.ru

**В. И. Воловач\***

\*Воловач Владимир Иванович, к.т.н., доцент

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
kaf\_iies@tolgas.ru

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ НА ФОНЕ ВНУТРИПРИЕМНОГО ГАУССОВСКОГО ШУМА НА ВХОДЕ ПРИЕМНИКА РУО

*Ключевые слова:* задача обнаружения и различения сигналов, зондирующий сигнал, отношение правдоподобия, пороговое напряжение, критерий Неймана-Пирсона.

*Рассмотрены особенности обнаружения и определены вероятности правильного обнаружения сигналов с различными параметрами на фоне внутриприемного гауссовско-го шума на входе приемников радиотехнических устройств обнаружения ближнего действия. Показано, что решение о достоверности сигнала обнаружения, отраженного от протяженного объекта, на входе приемника выносится в результате анализа отношения правдоподобия.*

В радиотехнических устройствах обнаружения (РУО) ближнего действия [1], так же как и в радиолокационных измерителях параметров движения [2, 3], реализуется принцип радиолокации на ближних расстояниях [4], исходя из этого, задача обнаружения и различения сигналов на фоне шума в РУО и, следовательно, задача обнаружения объекта в пределах зоны контроля, сводится к обнаружению отраженного от этого объекта зондирующего сигнала  $u_c(t, \lambda)$  на фоне помехи  $u_n(t)$ , т. е. к анализу принятого колебания  $u_{np}(t)$ :

$$u_{np}(t) = \theta u_c(t, \lambda) + u_n(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (1)$$

где  $\theta$  – случайная величина, принимающая только два значения: при  $\theta = 1$  в выходном сигнале присутствуют сигнал  $u_c(t, \lambda)$  и помеха  $u_n(t)$ , при  $\theta = 0$  в выходном сигнале присутствует только помеха  $u_n(t)$ ;  $T$  – время работы РУО.

Зондирующий сигнал  $u_c(t, \lambda)$  представляет собой обычно детерминированную и известную функцию аргументов  $t$  и  $\lambda$  [5]. Параметры  $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$  являются параметрами, определяющими функционирование системы обнаружения [6], т. н. существенные параметры. Для реализации функции обнаружения, в частности в охранных системах, рассматривают как параметры самого радиосигнала (амплитуда, частота и т. п.), так и параметры, представляющие обнаруживаемый объект (размеры объекта, площадь отражающей поверхности, наличие «блестящих» точек и т. п.) и характер его движения в пределах зоны обнаружения (дальность до объекта, скорость, ускорение, направление, траектория движения) [7-12].

Следует отметить, что решение задачи обнаружения отраженного от объекта зондирующего сигнала на фоне помехи (1), а также оценка параметров этого сигнала, позволяют определить вероятностей правильного и ошибочного принятия решений [13], а также связанный с ними показатель оптимальности обнаружения устройства [14].

Для простоты дальнейшего анализа предположим, что сигнал  $u_c(t, \lambda) = u_c(t)$  зависит только от одного непрерывного параметра  $\lambda$ , имеющего априорную плотность вероятности  $P(u_c)$ . Апостериорная плотность вероятности определяется  $P(u_c/u_{np})$  и представляет собой апостериорную вероятность отражения зондирующего сигнала от обнаруживаемого объекта.

Задача обнаружения протяженных объектов для случая обнаружения сигналов с известными, детерминированными параметрами была рассмотрена авторами ранее [15, 16]. Поэтому в дальнейшем задачу обнаружения протяженных объектов будем рассматривать как задачу обнаружения сигналов со случайными параметрами, что соответствует практически важным случаям реализации РУО. В дальнейших рассуждениях воспользуемся общими подходами к решению задачи обнаружения, изложенными, например, в [17].

Предположим, что сигнал представляет собой произведение некоторой случайной величины  $\theta$  согласно (1) на известную функцию времени  $u_c(t)$ . Пусть также сигнал смешивается с аддитивной помехой  $u_n(t)$ . По результирующему воздействию необходимо принять решение о наличии или отсутствии сигнала  $u_c(t)$  на входе приемника РУО, т. е. определить наличие обнаруживаемого объекта. Воздействие (1) на входе приемника при условии непрерывности единственного существенного (т. е. подлежащего анализу при приеме) параметра  $\lambda$  представим в следующем виде

$$u_{np}(t) = \theta u_c(t) + u_n(t), \quad 0 \leq t \leq T. \quad (2)$$

Пусть, как и в случае детерминированного сигнала, помеха является белым гауссовским шумом (БГШ), поскольку такой шум возникает вследствие тепловых и других шумов приемного устройства и окружающего пространства. Предположим, что шумы приемного устройства значительно превосходят шумы окружающего пространства, и примем, что напряжение аддитивной помехи  $u_n(t)$  представляет собой внутримприемный шум. В результате названных предположений становится возможным аддитивный широкополосный гауссовский шум рассматривать как БГШ.

Для плотности вероятности мгновенных значений внутримприемного шума  $u_n(t)$  справедлива запись в виде закона нормального распределения вероятностей:

$$p(u_n) = \beta \exp \left[ -\frac{1}{W_n} \int_0^T u_n^2(t) dt \right], \quad (3)$$

в котором  $\beta = [1/\sqrt{2\pi} \sigma_n]^n$  – коэффициент пропорциональности;  $n$  – число дискретов, определяющих функцию  $u_n(t)$ ;  $W_n$  – мощность помех, приходящаяся на единицу полосы частот.

Перейдем непосредственно к решению задачи обнаружения сигналов со случайными параметрами. Если в сигнале, обрабатываемом приемником РУО, информация о скорости объекта отсутствует, то согласно [5] это означает, что зондирующий сигнал с постоянной амплитудой  $U_m$  и несущей частотой  $\omega$  на входе приемника будет иметь неизвестное доплеровское смещение частоты  $\omega_d$  так, что

$$u_c(t) = U_m \cos(\omega t + \omega_d t) = U_m \cos(\omega t + \varphi_c). \quad (4)$$

Заметим, что в выражении (4) амплитуда сигнала  $U_m$  может принимать два значения:  $U_m = U_{mc}$  – при наличии сигнала и  $U_m = 0$  при его отсутствии. Другими словами, амплитуда  $U_m$  ведет себя аналогично величине  $\theta$  в выражениях (1) и (2).

Поскольку дополнительная фаза сигнала  $\varphi_c$  является неизвестной случайной величиной, то принятие правильного решения в этом случае можно интерпретировать как задачу обнаружения сигнала со случайной начальной фазой. При этом фаза сигнала  $\varphi_c$  характеризуется равномерным законом распределения  $p(\varphi_c) = 1/(2\pi)$ . Сигнал смешивается с аддитивной помехой в виде БГШ.

Входное воздействие, полученное на основании (2) и (4), запишем в виде:

$$u_{сп}(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi_c) + u_n(t). \quad (5)$$

По принятому РУО воздействию  $u_{np}(t)$ , следует установить наличие в нем полезного сигнала, для чего, в свою очередь, определяют соответствующие функции правдоподобия, а также отношение правдоподобия.

Функция правдоподобия [5] представляет собой плотность вероятности того, что на вход приемника РУО поступает воздействие  $u_{np}(t)$  при условии передачи сигнала  $u_{ci}(t)$ , следующим образом:  $L(u_{ci}) = p(u_{np}/u_{ci})$ . В радиолокационных приложениях  $u_{ci}(t)$  определяется величиной  $\theta$ :  $u_{ci}(t) = \theta u_c(t)$ . В рассматриваемом случае согласно (2)  $u_{np}(t) = u_{ci} + u_n(t)$ ; при этом для упрощения сигнал и помеха считаются взаимнонезависимыми.

Если принятое воздействие  $u_{np}(t)$  представляет собой непрерывный случайный процесс, наблюдаемый в дискретных временных точках  $t_i$  (при  $i = \overline{1, n}$ ), то можно перейти к условной плотности вероятности  $p(u_{np}/u_{ci})$ , которая должна равняться плотности вероятности того, что помеха принимает значение  $u_n = u_{np} - u_{ci}$ . С учетом последнего замечания функция правдоподобия принимает вид:  $L(u_{ci}) = p(u_{np}/u_{ci}) = p(u_{np} - u_{ci}) = p(u_n)$ .

Обозначим  $L(u_{ci}) = L(U_{mc})$  для случая, когда сигнал присутствует в принимаемом колебании. Учитывая результаты (4) [16], запишем

$$L(U_{mc}, \varphi_c) = \beta \exp \left[ -\frac{1}{W_n} \int_0^T [u_{np}(t) - U_{mc} \cos(\omega t + \varphi_c)]^2 dt \right]. \quad (6)$$

Выражение (6) представляет собой функцию правдоподобия относительно параметров  $U_{mc}$  и  $\varphi_c$ . Фаза  $\varphi_c$  не несет полезной информации о существовании сигнала. Учитывая равномерность закона распределения  $p(\varphi_c)$ , усредним выражение (6) по параметру  $\varphi_c$ :

$$L(U_{mc}) = \int_0^{2\pi} L(U_{mc}, \varphi_c) p(\varphi_c) d\varphi_c. \quad (7)$$

Из (6) с учетом (7) получаем выражение функции правдоподобия при наличии сигнала:

$$L(U_{mc}) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \beta \exp \left[ -\frac{1}{W_{\Pi}} \int_0^T [u_{\text{пр}}(t) - U_{mc} \cos(\omega t + \varphi_c)]^2 dt \right] d\varphi_c.$$

Функция правдоподобия в случае отсутствия сигнала от обнаруживаемого объекта:

$$L(u_{c0}) = \beta \exp \left[ -\frac{1}{W_{\Pi}} \int_0^T u_{\text{пр}}^2(t) dt \right]. \quad (8)$$

Отношение правдоподобия определяется выражением [17]

$$l(u_{\text{пр}}) = \frac{L(u_{c1})}{L(u_{c0})} = \exp \left[ -TU_{mc}^2 / 2W_{\Pi} \right] I_0(U_0\mu), \quad (9)$$

в котором  $I_0(U_0\mu) = I_0(x)$  – модифицированная функция Бесселя первого рода нулевого порядка.

В самом общем случае отношение правдоподобия для области сигнала определяют выражением [17]

$$l(u_{\text{пр}}) = \frac{L(u_{c1})}{L(u_{c0})} > \frac{P(u_{c0})}{P(u_{c1})} = \gamma, \quad (10)$$

где  $P(u_{c0})$  – априорная вероятность отсутствия сигнала от обнаруживаемого объекта;  $P(u_{c1})$  – априорная вероятность наличия такого сигнала.

Если  $l(u_{\text{пр}}) > \gamma$ , то можно считать, что принятое РУО воздействие  $u_{\text{пр}}(t)$  содержит наряду с помехой  $u_{c0}$  сигнал от обнаруживаемого объекта  $u_{c1}$ . В противном случае  $u_{\text{пр}}(t)$  принадлежит только помехе  $u_{c0}$ .

Если в выражении (10) отношение правдоподобия окажется больше порога  $\gamma$ , то, так же как и при воздействии на РУО детерминированного сигнала [16], должен быть сделан вывод о сигнале обнаружения на входе приемника РУО, т. е. присутствии обнаруживаемого объекта. В соответствии с выбранным критерием обнаружения находится величина порога  $\gamma$ , которая в общем виде определяется выражением (10), а в рассматриваемом частном случае – выражением (9). Как правило, в системах охраны, как и в ряде других радиолокационных приложений, используют критерий Неймана-Пирсона, который, позволяет получить максимальную вероятность правильного обнаружения объекта. Вероятность ложных обнаружений в этом случае задают постоянной и достаточно малой.

Итак, для решения задачи обнаружения должно выполняться очевидное неравенство  $l(u_{\text{пр}}) > \gamma$ . Учитывая сказанное и используя результат (7) [16], после преобразования приходим к выражению, определяющему структуру оптимального приемника РУО, позволяющему связать введенную выше величину порога  $\gamma$  с величиной  $u_{\text{пор}}$  порогового напряжения приемника РУО:

$$\frac{2}{W_{\Pi}} \int_0^T u_c(t) u_{\text{пр}}(t) dt > \ln \gamma + \frac{W_c}{W_{\Pi}} = u_{\text{пор}}, \quad (11)$$

при этом пороговое напряжение  $u_{\text{пор}}$  определяется выражениями, выведенными в [1].

В [18] проведен детальный анализ определения величины порогового напряжения. В случае, когда решение о наличии объекта в зоне контроля принимается в соответствии с критерием Неймана-Пирсона, величина порогового уровня  $u_{\text{пор}}$  определяется заданной вероятностью ложного обнаружения  $P(u_{c1}/u_{c0})$ :

$$u_{\text{пор}} = \bar{u}_{\text{вых.АД}} \left| q_{\text{АД}}^2 = 0 + \sigma_{\text{вых.АД}} \left| q_{\text{АД}}^2 = 0 * \Phi^{-1}(1 - F), \quad (12)$$

где  $\bar{u}_{\text{вых.АД}}$ ,  $\sigma_{\text{вых.АД}}$  – среднее значение и дисперсия выходного напряжения амплитудного детектора ДОС;  $q_{\text{АД}}^2 = 0$  – отношение сигнал/шум по мощности на входе детектора сигнала;  $\Phi^{-1}(x)$  – функция, обратная интегралу вероятностей.

В свою очередь связь величины напряжения порогового уровня  $u_{\text{пор}}$  с вероятностью правильного обнаружения  $D$ , пропуска  $1-D$  и ложного срабатывания  $F$  будет определяться выражениями [19]:

$$F = \int_{U_{\Pi}}^{\infty} W(u_{\text{вых.АД}}) \Big|_{q^2=0} du_{\text{вых.АД}} \Big|_{q^2=0} = 1 - \Phi \left\{ \frac{u_{\Pi} - \bar{u}_{\text{вых.АД}} \Big|_{q^2=0}}{\sigma_{\text{вых.АД}} \Big|_{q^2=0}} \right\}, \quad (13)$$

$$1 - D = \int_{-\infty}^{U_{\Pi}} W(u_{\text{вых.АД}}) du_{\text{вых.АД}} = \Phi \left[ (u_{\Pi} - \bar{u}_{\text{вых.АД}}) / \sigma_{\text{вых.АД}} \right], \quad (14)$$

где  $\Phi$  – интеграл вероятности.

Исходя из используемого критерия Неймана-Пирсона и приведенных выражений (12), (13), определяют пороговое значение, которое сравнивают с полученным отношением правдоподобия (9). Вероятность правильного обнаружения, в этом случае представлена выражением [17]

$$P_1(u_{c1}/u_{c1}) = \int_{u_{\text{пор1}}}^{\infty} \xi \exp \left[ -0,5(\xi^2 + 2W_c/W_0) \right] I_0 \left[ \xi(2W_c/W_0)^{0,5} \right] d\xi, \quad (15)$$

где  $u_{\text{пор1}} = u_{\text{пор}} (2W_c/W_0)^{-0,5}$  – новый уровень порога обнаружения.

Если предположить, что обнаруживаемый объект является протяженным (случай характерный при работе РУО на ближних дальностях), то, как показано в [17], амплитуда отраженного сигнала за счет явления интерференции также является случайным процессом. В результате сигнал на входе приемника можно рассматривать как случайный с флуктуирующими не только фазой, но и амплитудой

$$u_{c\xi}(t) = U_{\xi} \cos(\omega t + \varphi_c). \quad (16)$$

Если для определенности предположить, что амплитуда флюктуирует по закону Релея [17], тогда из анализа [16] следует, что вероятность правильного обнаружения будет рассчитываться по формуле

$$P_2(u_{cl}/u_{cl}) = \exp\left\{-0,5u_{пор1}^2\left[1 + \sigma_c^2(2W_{cl}/W_0)\right]^{-1}\right\}, \quad (17)$$

где  $W_{cl} = W_c / \langle u_{пр\bar{\xi}}(t) \rangle^2$ .

Если требуется сравнить характеристики обнаружения сигналов с флюктуирующей и сигналов с не флюктуирующей амплитудой, то естественно производить такое сравнение надо для случая, когда средняя энергия обоих сигналов одинакова. Тогда вероятность правильного обнаружения можно записать в виде [5]:

$$P_2(u_{cl}/u_{cl}) = \left[\exp\left\{-u_{пор1}^2/2\right\}\right]^{-(1+W_c/W_0)}. \quad (18)$$

В результате проведенного анализа можно говорить о том, что приемник РУО в рабочем режиме находится под воздействием аддитивного широкополосного гауссовского шума, который можно рассматривать как белый гауссовский шум.

Получены выражения для определения функции и отношения правдоподобия для случая обнаружения сигналов со случайными параметрами при использовании критерия Неймана-Пирсона. Приведены выражения для вероятности правильного обнаружения объекта в случае флюктуации как фазы, так и амплитуды сигнала, т. е. для случая обнаружения протяженного объекта.

#### Библиографический список

1. Воловач В. И. Методы и алгоритмы анализа радиотехнических устройств ближнего действия / В. И. Воловач. – М. : Радио и связь, 2013. – 228 с.
2. Артюшенко В. М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов / В. М. Артюшенко. – М. : ФГБОУ ВПО ФТА, 2013. – 214 с.
3. Артюшенко В. М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех / В. М. Артюшенко. – М. : ФГБОУ ВПО ФТА ; изд-во «Канцлер», 2014. – 298 с.
4. Коган И. М. Ближняя радиолокация / И. М. Коган. – М. : Сов. радио, 1973. – 272 с.
5. Тихонов В. И. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем : учеб. пособие для вузов / В. И. Тихонов, В. Н. Харисов. – М. : Радио и связь, 2004. – 608 с.
6. Артюшенко В. М. Анализ математических моделей полезных сигналов и информационных процессов радиолокационных устройств ближнего радиуса действия / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2014. – № 5. – С. 14-20.
7. Воловач В. И. Обнаружение протяженных объектов в условиях априорной неопределенности относительно параметров движения на фоне негауссовских помех / В. И. Воловач // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 30-38.
8. Воловач В. И. Определение достоверности обнаружения протяженных объектов по ПРВ дальности действия радиотехнических устройств обнаружения / В. И. Воловач // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 39-46.

9. Артюшенко В. М. Статистические характеристики длительностей выбросов огибающих сигналов, отраженных от протяженных объектов / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач, В. В. Иванов // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 54-61.

10. Воловач В. И. Исследование плотности распределения вероятностей обнаружения объекта с учетом изменяющейся дальности / В. И. Воловач // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2013. – № 4. – С. 71-75.

11. Volovach V. I. Analytical dependences of the law of establishment of instrument contact of radio engineering systems and devices of short-range detection / V. I. Volovach // Успехи современной радиоэлектроники. – 2015. – № 2. – С. 64-70.

12. Артюшенко В. М. Измерение параметров движения протяженных объектов в условиях мешающих воздействий и изменяющейся дальности / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Двойные технологии. – 2015. – № 1. – С. 69-74.

13. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами обнаружения турникетного типа / В. И. Воловач // Радиопромышленность. – 2013. – Вып. 3. – С. 145-155.

14. Volovach V. I. Determination of the effectiveness of short-range radio detection devices / V. I. Volovach, V. M. Artyushenko, V. N. Budilov // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 47-53.

15. Воловач В. И. Некоторые особенности оптимальной обработки сигналов радиотехнических устройств обнаружения пространственных охранных систем // Научно-технический вестник Поволжья / В. И. Воловач, Е. В. Гурина. – 2011. – № 6. – С. 129-132.

16. Воловач В. И. Решение задачи обнаружения детерминированных сигналов радиотехнических датчиков, работающих в режиме активной локации, и определение величины их порогового напряжения / В. И. Воловач, Е. В. Гурина // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2012): сб. статей II международной заочной научно-технической конференции. Ч. 1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2012. – С. 324-331.

17. Радиотехнические системы : учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» / Ю. П. Гришин, В. П. Ипатов, Ю. М. Казаринов [и др.] : под ред. Ю. М. Казаринова. – М. : Высш. шк., 1990. – 496 с.

18. Воловач В.И. Характеристики обнаружения радиотехнических устройств охраны и повышение эффективности их работы посредством адаптации к изменяющейся помеховой обстановке // Электротехнические и информационные комплексы и системы / В. И. Воловач. – 2011. – Т. 5. – № 2. – С. 27-29.

19. Воловач В.И. Реализация оптимальной структуры обнаружения радиотехнических устройств охранной сигнализации / В. И. Воловач // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2009. – Т. 5. – № 2. – С. 43-49.

© Артюшенко В. М., Воловач В. И., 2015

УДК 621.3

**В. М. Артюшенко\****\*Артюшенко Владимир Михайлович, д.т.н., профессор**Технологический университет, г. Королёв Московской области  
artuschenko@mail.ru***В. И. Воловач\****\*Воловач Владимир Иванович, к.т.н., доцент**Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
kaf\_iies@tolgas.ru*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПЕКТРОВ ДОПЛЕРОВСКИХ СИГНАЛОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ

*Ключевые слова: спектр доплеровского сигнала, протяженный объект, ускорение движения объекта, амплитудный спектр, фазовый спектр, ближнее действие.*

*Осуществлен анализ параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от движущегося протяженного объекта. Показано, что наибольшее влияние на ширину спектра доплеровского сигнала оказывает ускорение движения объекта, причем, чем ускорение больше, тем спектр сигнала шире.*

Как известно [1-6], при измерении параметров движения какого-либо протяженного объекта радиотехническими методами посредством использования радиотехнических устройств обнаружения ближнего действия (РУОБД) скорость движения объекта определяется доплеровским смещением частоты сигнала [7-9], вычисляемым так:

$$F_d = \frac{\Omega_d}{2\pi} \approx -f_0 \frac{2V_p}{c} \cos \varphi = \frac{2V_p}{\lambda_0} \cos \varphi,$$

где  $V_p$  – радиальная скорость движения лоцируемого протяженного объекта;  $\lambda_0$  – длина волны зондирующего сигнала;  $\varphi$  – угол между направлением оси главного лепестка диаграммы направленности антенны и направлением движения протяженного объекта.

При анализе работы РУОБД важно знать статистические характеристики сигналов [10-13], отраженных от протяженных объектов. Одной из важнейших статистических характеристик сигнала, влияющего на точность измерения скорости движения протяженного объекта, является спектр доплеровского сигнала (СДС) [14-17].

Основными параметрами СДС являются средняя частота спектра  $F_{д.с.}$ , форма огибающей, эффективная ширина  $\Delta F_{сн}$  и мощность  $P_d$  [4].

Под средней частотой  $F_{д.с.}$  доплеровского спектра понимается частота, делящая мощность СДС  $P_d$  пополам, так, что суммарная мощность составляющих СДС, имеющих частоту

$F_d < F_{д.с.}$ , равна суммарной мощности составляющих с частотами  $F_d > F_{д.с.}$  [3, 18, 19].

Форма огибающей и эффективная ширина спектра  $\Delta F_{сн}$  определяются результирующей диаграммой направленности антенн в плоскости угла  $\varphi$ .

Эффективная ширина СДС равна его ширине на уровне 0,5 по мощности и зависит как от случайных флуктуаций начальной фазы  $\varphi_{от}$  при отражении  $\partial\varphi_{от}/dt \neq 0$  [2], так и различия доплеровских частот элементарных отражателей в пределах диаграммы направленности конечной ширины. Второй фактор является главенствующим.

Мощность доплеровского спектра оценивается как:

$$P_d = P_{ср} S_{\Delta} k \text{ЭПР} \sin^2 \varphi / 8\pi H^2,$$

где  $P_{ср}$  – средняя излучаемая мощность;  $S_{\Delta}$  – площадь раскрыва антенны;  $k = 0,5 \dots 0,8$  – коэффициент использования антенны; ЭПР – удельная эффективная поверхность рассеивания, характеризующая отражательные свойства облучаемой поверхности и являющаяся функцией угла  $\varphi$  к оси траектории движения протяженного объекта;  $H$  – расстояние (перпендикуляр) от радиоизмерителя до поверхности облучаемого объекта.

Определим амплитудный и фазовый спектр обрабатываемого сигнала, для случая, когда фаза сигнала изменяется по полиномиальному закону [2]

$$\Theta_{с.д.}(t) = \Omega_d t + \frac{\dot{\Omega}_d t^2}{2!} + \dots, \quad (1)$$

где первое слагаемое  $\Omega_d$  – характеризует скорость движения объекта, второе  $\dot{\Omega}_d$  – его ускорение.

Энергетический спектр сигнала (1) может быть описан выражением:

$$S(j\omega) = \int_{-T/2}^{T/2} S(t) \exp(-j\omega t) dt = \int_{-T/2}^{T/2} \cos \left[ \Omega_d t + \frac{\dot{\Omega}_d t^2}{2!} \right] \exp(-j\omega t) dt, \quad (2)$$

где  $-T/2 < t < T/2$ .

Ранее в [4] авторами были получены выражения для амплитудного спектра

$$|S(\omega)| = 0,5 \sqrt{\frac{\pi}{\dot{\Omega}_d}} \left\{ [C(X_1) + C(X_2)]^2 + [S(X_1) + S(X_2)]^2 \right\}^{0,5}, \quad (3)$$

и фазового спектра

$$F(\omega) = \frac{(\omega - \Omega_d)^2}{2\dot{\Omega}_d} - \text{arctg} \left[ \frac{S(X_1) + S(X_2)}{C(X_1) + C(X_2)} \right]. \quad (4)$$

На рис. 1 и 2 представлены амплитудные  $S(f)$  и фазовые  $F(f)$  спектры, вычисленные на основании выражений (3) и (4) и построенные для некоторых значений  $\dot{\Omega}_d$ , характеризующих величину ускорения объекта при различных интервалах времени  $T$ ;  $f = \omega/2\pi$ .

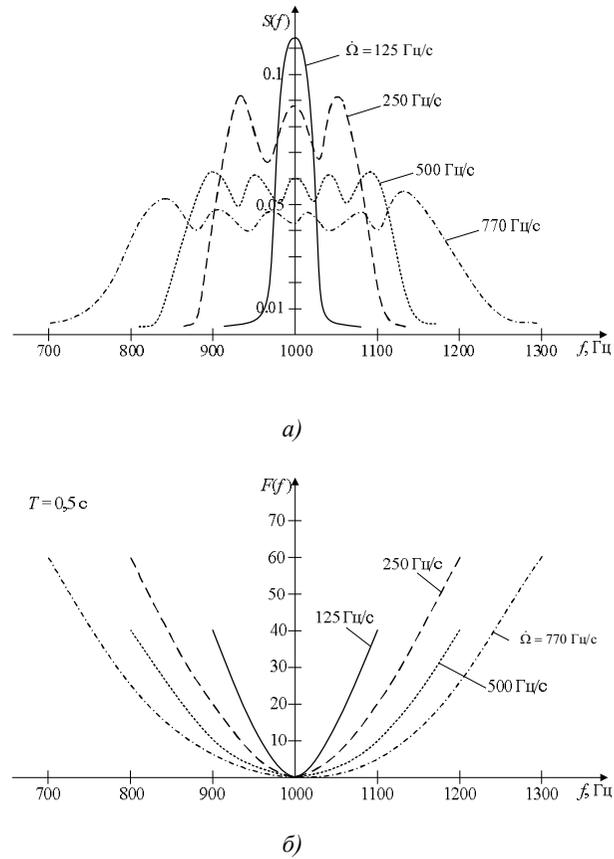


Рис. 1. Амплитудный  $S(f)$  (а) и фазовый  $F(f)$  (б) спектр при  $T = 0,5$  с

Следует отметить, что амплитудный спектр сигнала осциллирует относительно некоторого постоянного значения. Число периодов и амплитуда осцилляций зависит от произведения  $\dot{\Omega}_д T$ . Для описания осцилляций амплитуды может быть использована косинусная модель спектральной пульсирующей структуры. В зависимости от частоты осцилляции амплитуда представлена на рис. 3 в виде отрезка синусоиды, модулированной медленно изменяющейся косинусоидальной функцией.

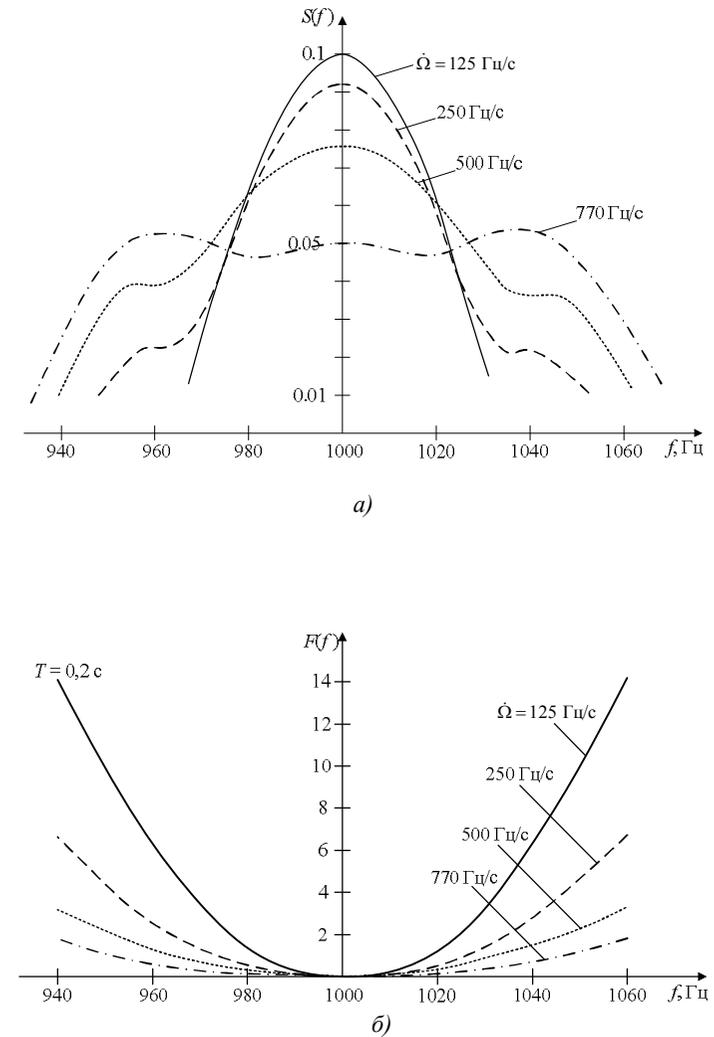


Рис. 2. Амплитудный  $S(f)$  (а) и фазовый  $F(f)$  (б) спектр при  $T = 0,2$  с

Использование такой модели в виде модулированного функцией  $\cos x$  отрезка синусоиды, позволяет рассматривать спектр как гладкий, с флуктуирующей погрешностью, так, что

$$|S(\omega)| = [(1 + a_1 \cos C_1 \omega)(1 + a_2 \cos C_2 \omega)], \quad \omega_1 \leq \omega \leq \omega_2,$$

где  $a_1$  и  $a_2$  – коэффициенты, которые могут быть положительными или отрицательными числами в зависимости от конкретной природы интегралов Френеля, подлежащих аппроксимации.

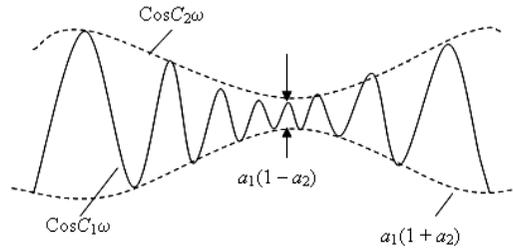


Рис. 3. Аппроксимация вершины амплитудного спектра

Как видно из представленных графиков на ширину спектра оказывают влияние два параметра  $\dot{\Omega}_d$  и  $T$ . При сравнительно большом времени обработки влияние параметра  $\dot{\Omega}_d$  на ширину спектра является преобладающим, который в этом случае имеет трапециевидную форму с осциллирующей амплитудой.

С уменьшением  $T$  расширение спектра, вызываемое величиной  $\dot{\Omega}_d$ , стремится к нулю, причем амплитудные пульсации вершины спектра уменьшаются, а его форма принимает колоколообразный вид. В этом случае уменьшение величины  $T$  ведет к расширению спектра и уменьшению его амплитуды, при этом вершина кривой зависимости  $S(f)$  становится плоской, а ее края принимают пологий вид.

Таким образом, на ширину спектра доплеровского сигнала наибольшее влияние оказывает ускорение движения объекта. Причем, чем оно больше по абсолютной величине, тем шире энергетический спектр отраженного сигнала.

#### Библиографический список

1. Тузов Г. И. Выделение и обработка информации в доплеровских системах / Г. И. Тузов. – М. : Сов. Радио, 1967. – 256 с.
2. Флеров А. Г. Доплеровские устройства и системы навигации / А. Г. Флеров, В. Т. Тимофеев. – М. : Транспорт, 1987. – 191 с.
3. Артюшенко В. М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов / В. М. Артюшенко. – М. : ФГБОУ ВПО ФТА, 2013. – 214 с.
4. Артюшенко В. М. Оценка погрешности измерения параметров движения протяженных объектов в условиях изменяющейся дальности / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2015. – Т. 58. – № 1. – С. 17-24.
5. Обработка и преобразование сигналов в радиотехнических и инфокоммуникационных системах / под ред. В. И. Воловача. – М. : Радио и связь, 2014. – 448 с.

6. Артюшенко В. М. Оценка погрешности измерения скалярного информационного параметра движущегося протяженного объекта на фоне аддитивных негауссовских помех / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2015. – № 1. – С. 4. – Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/jan15/12/text.html>

7. Воловач В. И. Методы и алгоритмы анализа радиотехнических устройств ближнего действия / В. И. Воловач. – М. : Радио и связь, 2013. – 228 с.

8. Кук Ч. Радиолокационные сигналы / Ч. Кук, М. Бернфельд; пер. с англ.; под ред. В. С. Кельзона. – М. : Сов. Радио, 1971. – 568 с.

9. Воловач В. И. Определение доплеровского смещения частоты в турникетных датчиках охранных систем при прямолинейном движении обнаруживаемого объекта / В. И. Воловач // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2012. – Т. 8. – № 4. – С. 22-30.

10. Artyushenko V.M., Volovach V.I. Statistical Characteristics of Envelope Outliers Duration of non-Gaussian Information Processes / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). Rostov-on-Don, Russia, September 27–30, 2013. – Kharkov: KNURE, 2013. – P. 137-140.

11. Артюшенко В. М. Статистические характеристики сигналов и помех в радиотехнических устройствах ближнего действия / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач, В. В. Иванов // Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 7. – С. 46-50.

12. Артюшенко В. М. Статистические характеристики длительностей выбросов огибающих сигналов, отраженных от протяженных объектов / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач, В. В. Иванов // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 54-61.

13. Артюшенко В. М. Анализ математических моделей полезных сигналов и информационных процессов радиолокационных устройств ближнего действия / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2014. – № 5. – С. 14-20.

14. Артюшенко В. М. Анализ параметров спектра сигнала, отраженного от протяженного объекта / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Известия вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – № 9. – С. 62-67.

15. Артюшенко В. М. Экспериментальное исследование параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от протяженного объекта / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2012. – № 3 (19). – С. 17-24.

16. Артюшенко В. М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех / В. М. Артюшенко. – М. : ФГБОУ ВПО ФТА; изд-во «Канцлер», 2014. – 298 с.

17. Артюшенко В. М. Анализ параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от движущегося протяженного объекта / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2015. – № 1. – С. 5. – URL: <http://jre.cplire.ru/jre/jan15/13/text.html>

18. Кук Ч. Радиолокационные сигналы / Ч. Кук, М. Бернфельд; пер. с англ.; под ред. В. С. Кельзона. – М. : Сов. Радио, 1971. – 568 с.

19. Теоретические основы радиолокации / под ред. В.Е. Дулевича. – 2-е изд. переб. и доп. – М. : Сов. Радио, 1973. – 608 с.

© Артюшенко В. М., Воловач В. И., 2015

УДК 621.3

**В. М. Артюшенко\****\*Артюшенко Владимир Михайлович, д.т.н., профессор**Технологический университет, г. Королёв Московской области*

artuschenko@mail.ru

**В. И. Воловач\****\*Воловач Владимир Иванович, к.т.н., доцент**Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*

kaf\_iies@tolgas.ru

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРИ НОРМАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПРВ ДАЛЬНОСТИ ДО ПРОТЯЖЕННОГО ОБЪЕКТА

*Ключевые слова: радиотехнические устройства обнаружения, мгновенные вероятности обнаружения, интенсивность обнаружения объекта по дальности, ожидаемая вероятность обнаружения, плотность распределения вероятности.*

*Введено понятие и найдены мгновенные вероятности обнаружения протяженных объектов радиотехническими устройствами обнаружения. Рассмотрено использование интенсивности обнаружения объекта по дальности для количественной оценки эффективности устройств, применяемых для охраны объектов. Получены выражения оценок ожидаемой вероятности обнаружения движущегося протяженного объекта, как в постоянных, так и в изменяющихся условиях наблюдения.*

Использование радиотехнических устройств обнаружения (РУО) в системах охраны различных объектов (отдельных помещений, зданий, сооружений, открытых территорий и т. п.) позволяет повысить достоверность обнаружения объектов, обеспечить достаточную скрытность размещения датчиков охраны и реализовать оптимальное сочетание различных подсистем охранных систем. Классическим в настоящее время стало совместное применение радиотехнических датчиков (РД), использующих принципы радиолокации, и телевизионных систем видеоконтроля. При анализе работы РУО необходимо учитывать, что их относят [1] к радиотехническим системам ближнего действия, реализующим при работе принципы радиолокации. Отметим, что достаточно часто наряду с задачами обнаружения протяженных объектов приходится решать задачи измерения параметров их движения [2-4], что, в целом, повышает достоверность обнаружения названных объектов. При решении задач обнаружения и измерения параметров движения движущихся протяженных объектов [5-7] значительное место занимает исследование статистических характеристик сигналов [8-10], включая параметры спектра зондирующих сигналов [11, 12], а также определение доплеровского смещения частоты сигнала [1, 13]. Особенности радиосистем ближнего действия известны [1, 2, 14]; в их функционировании следует учитывать протяженный характер обнаруживаемого объекта,

сравнимость геометрических размеров объекта с дальностью до него, многолучевой характер отражения сигналов от подобных объектов, вследствие наличия стабильных отражателей и «блестящих точек». Особое значение, в частности, при определении параметров движения протяженных объектов приобретает анализ влияния на РУО различных помех [15-20].

Обследование территории или пространства в процессе обнаружения объекта в зависимости от конструктивных особенностей РУО и способов их использования может быть непрерывным во времени или состоять из отдельных наблюдений [21, 22].

В первом случае устройство охраны постоянно фиксирует зону обнаружения в некоторой части пространства, а также, что происходит достаточно редко, при использовании средств ненаправленного действия. Важным при непрерывном обследовании критерием для оценки эффективности средств обнаружения является мгновенная (элементарная) вероятность  $\gamma dt$  обнаружения в течение очень короткого промежутка времени  $\gamma dt$ . При этом величина  $\gamma$  является интенсивностью (мгновенной плотностью вероятности) числа обнаружений.

При использовании РУО направленного действия для обследования территории или пространства в пределах некоторого угла, значительно превышающего ширину диаграммы направленности (ДН) этих устройств, следует рассматривать такое обследование, как состоящее из ряда отдельных мгновенных актов. В этом случае важным критерием для оценки эффективности средств обнаружения является мгновенная (элементарная) вероятность  $g$  обнаружения объекта на данной дальности путем одного мгновенного наблюдения.

При этом промежутки времени, через которые производятся мгновенные акты наблюдения, будут зависеть от величины обследуемого угла и угловой скорости обследования. В ряде случаев эти промежутки могут быть настолько малы, что обследование можно считать непрерывным.

В общем же случае решение о том, к какому способу отнести обследование, зависит от того, какой из них обеспечивает наибольшую точность описания процесса обнаружения объекта.

Мгновенная вероятность обнаружения и интенсивность числа обнаружений являются статистическими характеристиками, т. е. могут быть найдены из опыта [22]. Для этого используют выражения

$$g = 1/\bar{n}; \quad \gamma = 1/\bar{t}, \quad (1)$$

где  $\bar{n}$  – математическое ожидание числа обзоров, за которое обеспечивается обнаружение объекта охранным устройством;  $\bar{t}$  – математическое ожидание времени, за которое обеспечивается обнаружение объекта с момента включения охранной системы.

Число обзоров и время обнаружения определяются

$$n = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m n_i; \quad t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_i. \quad (2)$$

Возможность применения величин  $g$  и  $\gamma$  для количественной характеристики эффективности охранных средств как приборов обнаружения обеспечивается возможностью определения на практике статистических распределений

дальности обнаружения объектов и определения на их основе зависимостей  $g(R)$  и  $\gamma(R)$  для рассматриваемых типичных условий наблюдения: хороших, нормальных и плохих [22].

Кроме двух названных характеристик можно использовать и третью, которая называется интенсивностью (мгновенной плотностью вероятности) обнаружения объекта по дальности

$$f = -d\varphi/dR, \quad (3)$$

где  $\varphi = \varphi(R)$  – потенциал обнаружения, который находится из следующего уравнения

$$P = P(R) = 1 - \exp\{-\varphi\}. \quad (4)$$

Из (4) следует

$$\varphi = -\ln(1 - P) = \ln\left[\frac{1}{1 - P(R)}\right]. \quad (5)$$

В результате получим выражение для определения интенсивности обнаружения объекта по дальности

$$f = -d\varphi/dR = -\frac{P(R)}{1 - P(R)}. \quad (6)$$

Зная законы распределения  $P(R)$  для РУО [23, 24], можно найти аналитическое выражение для  $f$ . Определим искомое выражение, предполагая, что плотность распределения вероятности (ПРВ) дальности до протяженного объекта при движении вдоль оси ДН антенны характеризуется гауссовским законом распределения [25], для которого закон распределения дальности действия РУО записывается в виде

$$W(R) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \delta_R} \cdot \exp\left\{-\frac{(R - m_R)^2}{2\delta_R^2}\right\}, \quad (7)$$

где  $\delta_R$  – дисперсия ПРВ;  $m_R$  – математическое ожидание.

В результате, для нормального закона распределения  $P(R)$  значение  $f$  определится выражением

$$f = \frac{N(m_R, \sigma_R^2)}{0,5 \left[ 1 + \Phi\left\{ \frac{R - m_R}{\sqrt{2}\sigma_R} \right\} \right]}, \quad (8)$$

где  $\Phi$  – функция Лапласа.

С помощью зависимостей  $P(R)$  для нормального закона распределения вероятностей обычно описывают распределения дальности действия радиотехнических устройств наблюдения высокой и средней эффективности в некоторых «типичных» условиях наблюдения [26].

В условиях, когда нельзя отнести статистические данные к различным видам типичных ситуаций, т. е. в условиях, характеризуемых большой неопределенностью, на практике в инженерных расчетах иногда используют аналитические выражения для законов Релея и Максвелла [27, 28].

Кроме вышеперечисленных законов для описания распределений дальности обнаружения в ряде случаев применяются и некоторые другие законы. Так, например, для РУО низкой и средней эффективности может быть использован усеченный нормальный закон, а для устройств средней и высокой эффективности – смещенный закон Релея.

Сравнительные графики функций  $P(R)$ ,  $\varphi(R)$  и  $f(R)$  приведены на рис. 1.

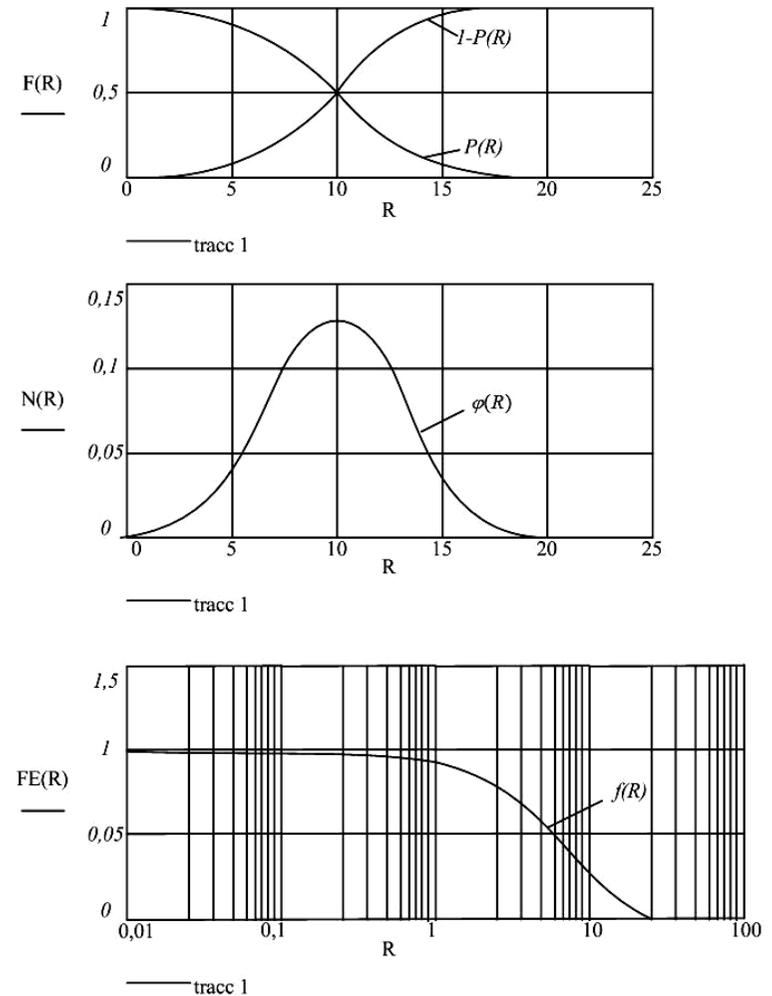


Рис. 1. Вероятностные характеристики обнаружения объекта по дальности

Общий случай зависимости  $f(R)$  для различных охранных систем представлен в [29], где приведены зависимости интенсивности обнаружения цели по дальности для различных РУО: невысокой эффективности, с «мертвой» зоной, относительно высокой эффективности и наиболее эффективных. Представленные зависимости показывают, что для приборов наблюдения невысокой эффективности вероятность обнаружения будет всегда меньше единицы. Для наиболее эффективных приборов наблюдения достоверное обнаружение происходит на некоторой дальности  $R_d$ .

Между рассмотренными характеристиками существует определенная связь [22], которая определяется следующими выражениями:

$$\gamma = fV_{об}; \quad (9)$$

$$g = 1 - \exp(-\gamma T); \quad (10)$$

В [30] показано, что

$$f = \gamma/V_{об} = \frac{\ln[1/(1-g)]}{V_{об}T}, \quad (11)$$

где  $V_{об}$  – скорость движения объекта;  $T$  – период обзора.

Эффективность процесса установления приборного контакта с объектом, т. е. обнаружения, за то или иное время может быть оценена с помощью накапливающихся (нарастающих) вероятностей обнаружения объекта [22, 30]. Рассмотрим данный вопрос поэтапно для различных условий наблюдения и различного характера поведения объекта.

Сначала определим ожидаемую вероятность обнаружения протяженного объекта РУО для неизменяющихся и изменяющихся условий наблюдения.

При неизменяющихся условиях наблюдения будем полагать, что  $g = \text{const}$  и  $\gamma = \text{const}$ .

Если используется охранная система дискретного действия и обнаружение объекта в каждый сеанс обнаружения представляет собой зависимое событие, вероятность  $P(n)$  обнаружения объекта хотя бы один раз при  $n$  мгновенных наблюдениях можно найти в соответствии с теоремой о повторении независимых опытов по формуле [21]:

$$P(n) = 1 - (1-g)^n. \quad (12)$$

Из этой формулы вытекает важный для практики вывод: когда физические условия, в которых производится обнаружение, обеспечивают некоторую вероятность  $g$  обнаружения при одном мгновенном наблюдении, то, как бы она мала ни была, вероятность  $P(n)$  может быть сколь угодно близка к единице при достаточно большом  $n$ , т. е. событие, заключающееся в обнаружении объекта, практически гарантированно наступит.

Если обследование производится непрерывно в течение времени  $t$  при неизменных физических условиях, вероятность обнаружения объекта  $P$  за время  $t$  определяется

$$P(t) = 1 - \exp(-\gamma t). \quad (13)$$

Из формулы (13) видно, что, имея значение величины  $\gamma$  и задаваясь временем наблюдения  $t$ , можно рассчитать вероятность обнаружения объекта при не

изменяющихся условиях наблюдения (в частности, при неизменной дальности до объекта  $R = \text{const}$ ).

При рассмотрении изложенного было принято, что объект находится на определенном расстоянии от прибора наблюдения (например, движется параллельно рубежу охраны), которое с течением времени не меняется, и при этом предполагалось, что  $\gamma$  также не меняется с течением времени  $t$ .

Видно, что величина  $\gamma t$  стоящая в степени в выражении (13), как бы ни мала была величина  $\gamma$ , теоретически может быть бесконечно велика, так как всегда возможно выбрать такое время наблюдения  $t$ , что вероятность обнаружения  $P(t)$  будет близка к единице.

При изменяющихся условиях наблюдения полагаем, что  $g = \text{var}$  и  $\gamma = \text{var}$ . Изменяющиеся значения мгновенных вероятностей обозначим через  $g_i$  и  $\gamma_i dt$ , где  $g_i$  – элементарная вероятность обнаружения объекта для  $i$ -го мгновенного наблюдения, а  $\gamma_i dt$  – плотность вероятности обнаружения объекта, изменяющаяся со временем. Формулы для расчета вероятностей обнаружения в данном случае будут иметь вид:

– при дискретном обзоре

$$P(n) = 1 - (1-g_1)(1-g_2)\dots(1-g_n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1-g_i); \quad (14)$$

– при непрерывном обзоре

$$P(t) = 1 - \exp\left[-\int_0^t \gamma_i dt\right]. \quad (15)$$

Далее произведем оценку ожидаемой вероятности обнаружения подвижного протяженного объекта для тех же случаев: изменяющихся и неизменяющихся условий наблюдения. При неизменяющихся условиях наблюдения вновь будем полагать, что  $g = \text{const}$  и  $\gamma = \text{const}$ .

Для быстро движущихся объектов можно считать, что за время их движения в зоне действия РУО, ограниченной предельной дальностью обнаружения  $R_n$  не происходит существенного изменения физических условий наблюдения, а, соответственно, и не происходит связанных с этим изменений величин  $g$  и  $\gamma$ . Такое допущение, в ряде случаев, вполне допустимо и даже закономерно.

Поэтому можно считать, что в зоне, ограниченной радиусом  $R_n$  – радиусом действия РУО, изменение величин  $g$  и  $\gamma$  будет обусловлено лишь перемещением обнаруживаемого объекта в зоне действия прибора наблюдения (изменением его относительного местоположения).

Таким образом,  $g$  и  $\gamma$  являются функциями текущей дальности до объекта  $r$  обозначаемой внутри зоны действия РУО –  $R$ , т. е.  $G_i = g_i(r) = g_i(R)$  и  $\gamma_i = \gamma_i(r) = \gamma_i(R)$ . При этом  $P(n)$  и  $P(t)$  могут быть определены по формулам:

$$P(n) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - g_i(R)]; \quad (16)$$

$$P(t) = 1 - \exp\left[-\int_0^t \gamma_i(R) dt\right]. \quad (17)$$

Следует отметить, что значения  $g_i(R)$  и  $\gamma_i(R)$  могут быть заданы оператором РУО.

При изменяющихся условиях наблюдения полагаем  $g = \text{var}$  и  $\gamma = \text{var}$ .

Ситуация, при которой  $g$  и  $\gamma$  есть функции не только текущей дальности до объекта  $R$ , но и текущего времени  $t$  (так как с течением его меняются условия наблюдения, вызывающие в свою очередь изменение  $g$  и  $\gamma$ ), является наиболее общей. В этом случае  $g_t = g_t(R, t)$  и  $\gamma_t = \gamma_t(R, t)$  и формулы для определения  $P(n)$  и  $P(t)$  выглядят следующим образом:

$$P(n) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - g_i(R, t)]; \quad (18)$$

$$P(t) = 1 - \exp\left[-\int_0^t \gamma_i(R, t) dt\right]. \quad (19)$$

Значения  $g_i(R, t)$  и  $\gamma_i(R, t)$  выбираются применительно к соответствующим условиям, характерным для каждого  $i$ -го наблюдения. Однако для прямого расчета величины  $P(t)$  по формулам (17) и (19) необходимо найти аналитические выражения для законов изменения  $\gamma_i(R)$  и  $\gamma_i(R, t)$ .

В представленной статье показано, что в качестве характеристик, служащих для определения ожидаемой вероятности обнаружения РУО подвижных протяженных объектов, могут быть использованы мгновенная вероятность обнаружения, интенсивность числа обнаружений и интенсивность обнаружения объекта по дальности, а также потенциал обнаружения. Определена связь этих характеристик между собой и с законом распределения  $P(R)$ . Произведена оценка ожидаемой вероятности обнаружения в различных условиях наблюдения, включая случай, когда мгновенная вероятность обнаружения и интенсивность числа обнаружений РУО зависят не только от текущей дальности до объекта  $R$ , но также и от текущего времени  $t$ .

#### Библиографический список

1. Воловач В. И. Методы и алгоритмы анализа радиотехнических устройств ближнего действия / В. И. Воловач. – М. : Радио и связь, 2013. – 228 с.
2. Артюшенко В. М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов / В. М. Артюшенко. – М. : ФГБОУ ВПО ФТА, 2013. – 214 с.
3. Артюшенко В. М. Оценка погрешности измерения параметров движения протяженных объектов в условиях изменяющейся дальности / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2015. – Т. 58. – № 1. – С. 17-24.
4. Обработка и преобразование сигналов в радиотехнических и инфокоммуникационных системах / под. ред. В. И. Воловача. – М. : Радио и связь, 2014. – 448 с.

5. Воловач В. И. Обнаружение протяженных объектов в условиях априорной неопределенности относительно параметров движения на фоне негауссовских помех / В. И. Воловач // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 30-38.

6. Воловач В. И. Определение достоверности обнаружения протяженных объектов по ПРВ дальности действия радиотехнических устройств обнаружения / В. И. Воловач // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 39-46.

7. Volovach V. I. Determination of the effectiveness of short-range radio detection devices / V. I. Volovach, V. M. Artyushenko, V. N. Budilov // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 47-53.

8. Artyushenko V.M., Volovach V.I. Statistical Characteristics of Envelope Outliers Duration of non-Gaussian Information Processes / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). Rostov-on-Don, Russia, September 27–30, 2013. – Kharkov: KNURE, 2013. – P. 137-140.

9. Артюшенко В. М. Статистические характеристики сигналов и помех в радиотехнических устройствах ближнего действия / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач, В. В. Иванов // Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 7. – С. 46-50.

10. Артюшенко В. М. Статистические характеристики длительностей выбросов огибающих сигналов, отраженных от протяженных объектов / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач, В. В. Иванов // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 54-61.

11. Артюшенко В. М. Анализ параметров спектра сигнала, отраженного от протяженного объекта / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Известия вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – № 9. – С. 62-67.

12. Артюшенко В. М. Анализ параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от движущегося протяженного объекта / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2015. – № 1. – С. 5. – Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/jan15/13/text.html>

13. Тузов Г. И. Выделение и обработка информации в доплеровских системах / Г. И. Тузов. – М. : Сов. радио, 1967. – 256 с.

14. Коган И. М. Ближняя радиолокация / И. М. Коган. – М. : Сов. радио, 1973. – 272 с.

15. Артюшенко В. М. Анализ математических моделей полезных сигналов и информационных процессов радиолокационных устройств ближнего радиуса действия / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2014. – № 5. – С. 14-20.

16. Артюшенко В. М. Оценка погрешности измерения скалярного информационного параметра движущегося протяженного объекта на фоне аддитивных негауссовских помех / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2015. – № 1. – С. 4. – Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/jan15/12/text.html>

17. Артюшенко В. М. Измерение параметров движения протяженных объектов в условиях мешающих воздействий и изменяющейся дальности / В.

М. Артюшенко, В. И. Воловач // Двойные технологии. – 2015. – № 1. – С. 69–74.

18. Artvushenko V. M. Analysis of influence of additive non-Gaussian noise on accuracy of motion parameters measurement in short-range radio systems / V. M. Artyushenko, V. I. Volovach // Нелинейный мир. – 2015. – Т. 13. – № 1. – С. 16–30.

19. Артюшенко В. М. Оценка погрешности измерения параметров движения протяженных объектов на фоне коррелированных аддитивных негауссовских помех / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Двойные технологии. – 2015. – № 2. – С. 19–22.

20. Артюшенко В. М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех / В. М. Артюшенко. – М. : ФГБОУ ВПО ФТА ; изд-во «Канцлер», 2014. – 298 с.

21. Куликов, Е. И. Оценка параметров сигнала на фоне помех / Е. И. Куликов, А. П. Трифонов. – М. : Сов. радио, 1978. – 296 с.

22. Абгук, В. А. Поиск объектов / В. А. Абгук, В. Г. Суздаль. – М. : Сов. радио, 1977. – 336 с.

23. Воловач В. И. Исследование плотности распределения вероятностей обнаружения объекта с учетом изменяющейся дальности / В. И. Воловач // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2013. – № 4. – С. 71–75.

24. Volovach V. I. Analytical dependences of the law of establishment of instrument contact of radio engineering systems and devices of short-range detection / V. I. Volovach // Успехи современной радиоэлектроники. – 2015. – № 2. – С. 64–70.

25. Воловач В. И. Вероятностный характер определения дальности действия радиотехнических устройств обнаружения охранных систем / В. И. Воловач // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013): сб. статей III международной заочной научно-технической конференции. Ч. 1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2013. – С. 41–48.

26. Воловач В. И. Определение мгновенных и оценка ожидаемой вероятностей обнаружения объекта в зоне контроля радиотехнических устройств охраны / В. И. Воловач // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2012. – № 3 (19). – С. 29–36.

27. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами обнаружения турникетного типа / В. И. Воловач // Радиопромышленность. – 2013. – Вып. 3. – С. 145–155.

28. Воловач В. И. Оценка потерь достоверности обнаружения радиотехническими устройствами обнаружения при неизвестной скорости движения обнаруживаемого объекта / В. И. Воловач // Школа университетской науки: парадигма развития. – 2013. – № 1(8). С. 67–69.

29. Воловач В. И. Накапливающаяся вероятность обнаружения объектов в зоне контроля радиотехнических охранных устройств / В. И. Воловач // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2011. – Т. 7. – № 1. – С. 17–20.

30. Левин Б. Р. Вероятностные модели и методы в системах связи и управления / Б. Р. Левин, В. Шварц. – М. : Радио и связь, 1965. – 312 с.

© Артюшенко В. М., Воловач В. И., 2015

УДК 621.391

**А. В. Бакке\***

*\*Бакке Андрей Васильевич, к.т.н., доцент*

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

bakke.a.v@tor.rsreu.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ЧАСТОТНОЙ И ВРЕМЕННОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ OFDM СИГНАЛОВ

*Ключевые слова: OFDM сигнал, частотная и временная синхронизация, COST 259, STO, CFO.*

*В статье рассматриваются алгоритмы оперативной оценки частотной и временной синхронизации для OFDM сигналов. Представлены результаты исследования точности оценки рассогласований для условий воздействия белого шума и многолучевого распространения.*

### Введение

Решение задач, связанных с обеспечением синхронизации при приеме цифровых сигналов в высокоскоростных мобильных системах связи, существенно усложняется в силу неизбежных искажений радиосигналов [1], связанных с эффектом доплеровского смещения спектра и многолучевыми условиями приема. В условиях жестких требований к высокой спектральной эффективности и устойчивости к многолучевому распространению и межсимвольной интерференции в системах высокоскоростной передачи данных наилучшие результаты показали радиointерфейсы, основанные на применении технологии ортогонального частотного разделения с мультиплексированием потока данных (Orthogonal frequency-division multiplexing, OFDM).

Вместе с тем, параметры OFDM сигнала показывают высокую чувствительность как к ошибкам символьной синхронизации (Symbol Time Offset, STO), так и к относительно небольшим частотным сдвигам (Carrier Frequency Offset, CFO) [2–6], что приводит к снижению помехоустойчивости и точности работы демодулятора. С целью компенсации имеющегося в принимаемом сигнале частотного рассогласования, а также для точного определения временно-го положения OFDM символов применяются различные алгоритмы, основанные на содержащейся в передаваемом по радиоканалу сигнале избыточной информации: специальных вспомогательных символах [2], пилотных поднесущих (Pilot Subcarriers) [3] и циклическом префиксе (Cyclic Prefix, CP) [4,5].

### Методы оценки временного рассогласования STO

Наличие в составе OFDM символов циклического префикса, как периодического повторения части символа (рис.1), позволяет реализовать на его основе достаточно эффективные методы как временной, так и частотной синхронизации.

Поскольку в каждом OFDM символе представлены два идентичных блока  $W$  и  $W'$  размером  $N_g$  отсчетов, то для определения момента начала OFDM символа достаточно выявить в принимаемом сигнале факт минимальной раз-

ницы двух блоков отсчетов  $W_1$  и  $W_2$ , разнесенных на  $N$  выборок. Соответствующий критерий оценки временного положения  $\delta$  OFDM символа может быть представлен в следующем виде [2]:

$$\hat{\delta} = \arg \left( \max_{\delta} \sum_{i=\delta}^{N_g-1+\delta} |y_l(n+i)y_i^*(n+N+i)| \right), \quad (1)$$

где  $y_l(n)$  - отсчеты принимаемого  $l$ -го OFDM символа;  $N, N_g$  - количество отсчетов, приходящееся на OFDM символа и циклический префикс CP соответственно;  $()^*$  - операция комплексного сопряжения.

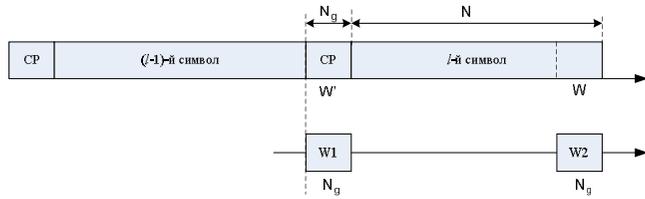


Рис.1. Иллюстрация оценки STO на основе циклического префикса

Аналогичным образом может быть реализован алгоритм оценки STO на основе использования вспомогательных символов. Алгоритмы временной и частотной синхронизации, использующие для своих целей специальные вспомогательные символы, получили весьма широкое распространение в современных системах связи с OFDM радиоинтерфейсом (IEEE 802.11a, IEEE 802.11n, IEEE 802.16, LTE и т.д.). На рис. 2 представлен пример вспомогательного символа, состоящего из циклического префикса и двух идентичных блоков длиной  $N/2$ .

При применении вспомогательных символов оценка STO может быть вычислена аналогично (1) путем определения максимума функции правдоподобия вида [4]:

$$\hat{\delta} = \arg \left( \max_{\delta} \frac{\left| \sum_{i=\delta}^{N/2-1+\delta} y_l(n+i) \cdot y_i^*(n+N/2+i) \right|^2}{\left( \sum_{i=\delta}^{N/2-1+\delta} |y_i(n+N/2+i)|^2 \right)^2} \right). \quad (2)$$

Особенностью данного способа оценки STO является наличие в функции (2) плоского участка, связанного с наличием в OFDM символах циклического префикса, что затрудняет определение точного значения STO.

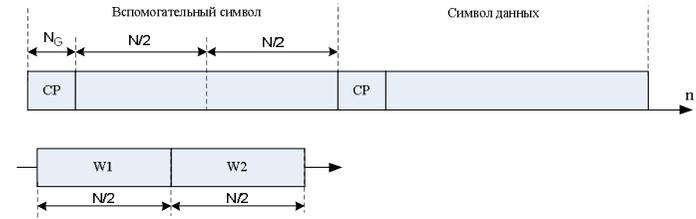


Рис.2. Использование вспомогательного символа оценки STO

С целью устранения указанной особенности применяются вспомогательные символы усложненной структуры, имеющие в своем составе несколько повторяющихся блоков определенного шаблона. К примеру, на рис. 3 представлен вариант вспомогательного символа, состоящий из циклического префикса и двух пар знакопеременных блоков длиной  $N/4$ .

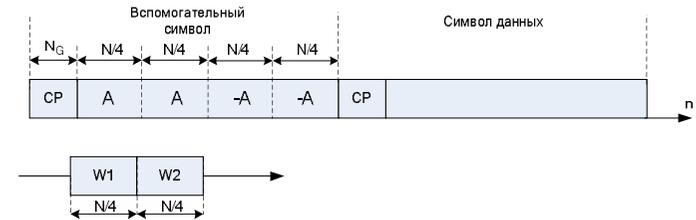


Рис.3. Использование составного символа преамбулы

С учетом (2) выражение для оценки STO при применении вспомогательных символов указанного вида будет иметь следующий вид:

$$\hat{\delta} = \arg \left( \max_{\delta} \frac{\left| \sum_{m=0}^1 \sum_{i=\delta}^{N/4-1+\delta} y_l(n+i+Nm/2) \cdot y_i^*(n+N/4+i+Nm/2) \right|^2}{\left( \sum_{m=0}^1 \sum_{i=\delta}^{N/4-1+\delta} |y_i(n+N/4+i+Nm/2)|^2 \right)^2} \right)$$

**Методы оценки частотного рассогласования CFO**

Основываясь на оценке (1), нетрудно получить выражение для оценки CFO, отражающее точность определения частотного рассогласования при использовании циклического префикса:

$$\hat{\varepsilon} = \frac{1}{2\pi} \arg \left\{ \sum_{n=-N_g}^{-1} y_l(n)y_l^*(n+N) \right\}. \quad (4)$$

Поскольку аргумент функции (2) принимает значения в диапазоне  $(-\pi, \pi)$ , то однозначная оценка CFO будет ограничена значением  $|\hat{\varepsilon}| < 0.5$ , означающим возможность оценки в пределах половины расстояния между поднесущими OFDM сигнала.

Аналогичным образом может быть решена задача оценки CFO при помощи вспомогательных символов. Этот способ заключается в передаче в составе преамбулы двух идентичных OFDM символов. Нетрудно показать, что N-точечные преобразования Фурье от двух символов преамбулы будут связаны следующим образом:

$$y_2(n) = y_1(n)e^{j2\pi\varepsilon n/N} = IDFT\{Y_2(k)\} = IDFT\{Y_1(k)e^{j2\pi\varepsilon k}\}$$

Из (5) следует выражение для определения CFO, основанное на спектральных представлениях двух символов преамбулы:

$$\hat{\varepsilon} = \frac{1}{2\pi} \arctan \left\{ \frac{\sum_{k=0}^{N-1} \text{Im}(Y_1(k) \cdot Y_2^*(k))}{\sum_{k=0}^{N-1} \text{Re}(Y_1(k) \cdot Y_2^*(k))} \right\}. \quad (6)$$

Как и в случае (4), выражение (6) обеспечивает однозначное определение CFO в диапазоне относительных рассогласований  $|\hat{\varepsilon}| < 0.5$ .

Для определения CFO по пилотным поднесущим двух разнесенных символов  $y_l(n) = IDFT\{Y_l(k)\}_{k=0}^{N-1}$  и  $y_{l+D}(n) = IDFT\{Y_{l+D}(k)\}_{k=0}^{N-1}$  используется выражение [5]:

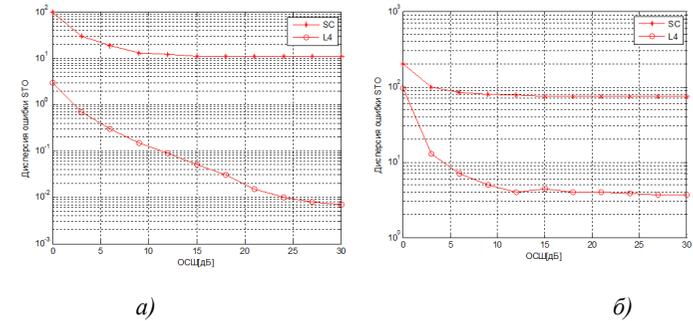
$$\hat{\varepsilon} = \frac{1}{2\pi \cdot T_{sum}} \max_{\varepsilon} \left| \sum_{j=0}^{L-1} Y_{l+D}(p(j)) \cdot Y_l^*(p(j)) \cdot X_l(p(j)) \cdot X_{l+D}^*(p(j)) \right|, \quad (7)$$

где  $T_{sum}$  – длительность OFDM символа; L – количество пилотных поднесущих в символе;  $p(j)$ ,  $X_l(p(j))$  – соответственно индексы и значения пилотных поднесущих l-го символа.

**Результаты численного моделирования**

Исследование рассмотренных выше алгоритмов оценки проводилось для OFDM сигналов с количеством поднесущих N=256 и величиной циклического префикса  $N_g=64$  отсчета. На рис. 4 представлены зависимости дисперсии ошибки получаемых оценок STO по алгоритмам (2) – кривая с индексом SC и (3) – кривая с индексом L4 от отношения сигнал-шум для модели канала связи с белым шумом (рис. 4а) и для модели канала связи COST 259 (рис.4б). Моделирование результатов алгоритма (2) выполнялось на интервале 2N для случая применения двух идентичных OFDM символов, отражающий принцип использования точной временной синхронизации в системах IEEE 802.11a, IEEE

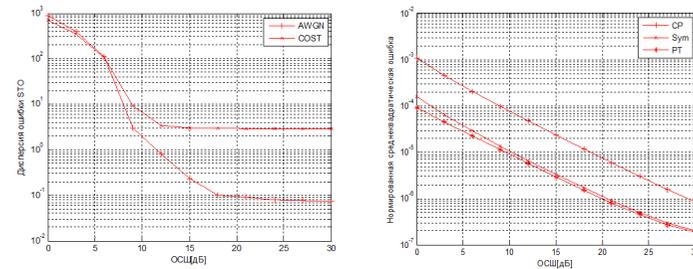
802.16 [4]. Из анализа полученных зависимостей следует, что наличие плоского участка при расчете взаимной корреляционной функции в (2) приводит к существенному ухудшению точности оценки STO по сравнению с алгоритмом (3).



**Рис.4.** Зависимости дисперсии ошибки STO а) в условиях модели канала связи с белым шумом; б) в условиях модели канала связи COST 259

На рис. 5а представлены зависимости дисперсии ошибки получаемых оценок STO по алгоритму (1) от отношения сигнал-шум для модели канала связи с белым шумом (кривая AWGN) и для модели канала связи COST 259 (кривая COST).

На рис. 5б представлены зависимости нормированной среднеквадратической ошибки получаемых оценок CFO по алгоритмам (4) – кривая с индексом CP, (6) – кривая с индексом Sum и (7) – кривая с индексом PT от отношения сигнал-шум для условий модели COST 259 с дополнительным доплеровским смещением частоты  $f_d=200$ Гц.



**Рис.5.** Зависимости качества оценок временного (а) и частотного (б) рассогласований

Как следует из результатов вычислительного эксперимента, применение циклического префикса и вспомогательных символов позволяет успешно ре-

шать задачу идентификации временного положения OFDM сигналов в диапазоне отношений сигнал/шум от 5..8дБ и выше как для каналов связи с белым шумом, так и в условиях многолучевого распространения. Полученные оценки STO являются вполне допустимыми для используемой модели OFDM сигнала, поскольку полученные значения находятся в пределах защитного интервала, образованного циклическим префиксом.

Из анализа зависимостей, представленных на рис.2б следует, что наилучшим качеством оценки CFO обладает алгоритм (5): в каналах с межсимвольной интерференцией (модель COST 259) применение пилотных поднесущих для оценки CFO обеспечивает лучшее на 1дБ отношение сигнал-шум по сравнению с алгоритмом (4) и на 7дБ по сравнению с выражением (2).

#### Библиографический список

1. Артюшенко В.М. Воловач В.И. Экспериментальные исследования сигналов и помех в радиотехнических устройствах ближнего действия. Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2014) : сб. статей IV международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2014. – 272 с.32-44.
2. Moose P.H. A Technique for Orthogonal Frequency Division Multiplexing Frequency Offset Correction. IEEE Trans. Communications, vol.42, no. 10, pp. 2908-2914, 1994.
3. J. J. van de Beek, M. Sandell, and P.O. Bojesson, ML estimation of time and frequency offset in OFDM systems, IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 45, no. 7, pp. 1800-1805, 1997.
4. Schmidl T.M. Cox D.C. Robust Frequency and Timing Synchronization for OFDM. IEEE Trans. Communications, vol.45, no.12, pp. 1613-1621, 1997.
5. Classen, F. and Myer, H. Frequency synchronization algorithm for OFDM systems suitable for communication over frequency selective fading channels. IEEE VTC'94, pp. 1655–1659, 1994.
6. Бакке А.В., Овинников А.А. Сравнительный анализ алгоритмов частотного детектирования в системах с OFDM. Цифровая обработка сигналов, Москва, №4, 2011, с. 16-18.

© Бакке А. В., 2015

УДК 621.391

**Т. В. Балашова\***

*\*Балашова Татьяна Владимировна, студент*

*Технологический университет, г. Королёв Московской области  
tatunya95@mail.ru*

**А. С. Сидорова\***

*\*Сидорова Анна Сергеевна, студент*

*Технологический университет, г. Королёв Московской области  
sidorovaas@yandex.ru*

**Е. А. Рубайло\***

*\*Рубайло Елизавета Андреевна, студент*

*Технологический университет, г. Королёв Московской области  
zimer-liza@mail.ru*

### ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОЧАСТОТНОГО КАНАЛА СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ

*Ключевые слова: структурированная кабельная сеть, тестирование, кабель категории 6.*

*Рассмотрены вопросы, связанные с оценкой затухания, рефлектометрии, длины, со-противления, задержки распространения и межпарного сдвига канала структурированной кабельной сети (СКС) категории 6. Получены экспериментальные зависимости перекрест-ных наводок на ближнем и дальнем конце структурированного кабельного канала.*

Как известно, в настоящее время все более широкое распространение в информационных системах находит технология Gigabit Ethernet (GigE) [1–6]. Эта технология прочно заняла свое место при использовании передачи данных во время испытаний ракетно-космической техники [9, 12], систем ближней радиолокации [12, 16], различных систем передачи информации [7, 8 10, 14, 15, 17].

В отличие от технологий Ethernet (10BaseT), TokenRing и FastEthernet (100BaseT) [11, 12], в структурированной кабельной системе (СКС) с GigE используются четыре пары кабеля, причем все они задействуются одновременно [3, 6]. Следовательно, для нормальной работы СКС необходимо оценить суммарную мощность всех переходных помех в каждой паре со стороны трех остальных пар, причем как на ближнем, так и на дальнем конце линии [1, 2].

Нормальная работа структурированной кабельной системы зависит от множества факторов, среди которых важное место занимают ее электрические характеристики - частотные зависимости параметров. Сами параметры делятся на две группы: параметры передачи и параметры влияния. К первым относятся параметры, определяющие условия передачи сигнала от передающего устройства к приемнику; ко вторым - параметры, описывающие взаимное влияние между парами, а также экранирование кабеля.

Для определения параметров передачи и параметров влияния необходимо осуществить тестирование СКС.

Как правило, тестирование СКС проводится по планам-графикам поэтапно в процессе монтажа или после его завершения. Результатами тестирования являются протоколы испытаний каждой линии/канала, которые содержат фактические значения длины, затухания, перекрестных и однонаправленных наводок, задержки, фазового сдвига, отношения затухания к межпарным и суммарным наводкам и другие данные.

Рассмотрим и проанализируем результаты тестирования СКС на примере кабельного канала категории 6. На первом этапе тестирования были определены: затухания, рефлектометрия, длина, сопротивление, задержка распространения, межпарный сдвиг, перекрестные наводки на ближнем и дальнем конце. Тестировался канал длиной 75 метров, что составляет 75% от максимально допустимой длины. Структурная схема тестируемого канала представлена на рис. 1.

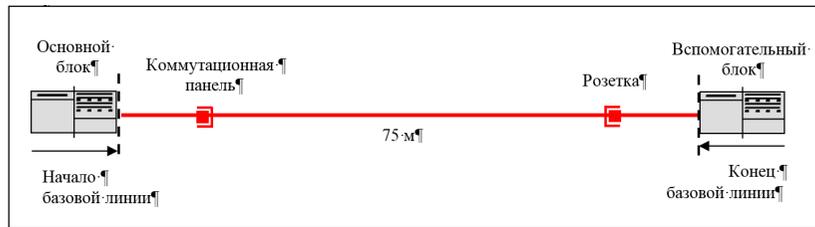


Рис. 1. Структурная схема тестируемого канала

Характеристики тестирования представлены в табл. 1.

#### Характеристики тестирования

Характеристика	Значение
Результат тестирования (Test Summary)	PASS
Типкабеля Cable Type	STP 100 Ohm Cat 6
Минимальный резерв заданного параметра (Headroom)	11,1 дБ (NEXT @ Remote 36-78)
Объект (SITE)	West Bridge 9 (Date/Time)
Оператор (OPERATOR)	Limit: ISO11801 Channel Class E
Версия программного обеспечения (Software-Version)	3.906
Номинальная скорость распространения (NVP)	73,8% Fault anomaly threshold 15%

В табл. 2 представлены: длина тестируемого канала (Length), сопротивление (Resistance), задержка распространения (Delay Skew), межпарный сдвиг (Prop.Delay).

Таблица 2.

#### Характеристики тестируемого канала

Характеристика	Предельное значение	Пара	Значение
Length, м	Limit 100,0	Pair 78	75,2
Resistance, Ом	Limit 25,0	Pair 12	10,4
Delay Skew, нс	Limit 50	Pair 36	6
Prop. Delay, нс	Limit 555	Pair 36	346

Результаты тестирования затухания канала на предельной частоте отражены в табл. 3.

Таблица 3.

#### Затухание тестируемого канала

Характеристика	Пара	Значение
Attenuation, дБ	Pair 36	13,7
Frequency, МГц	Pair 36	250,0
Limit, дБ	Pair 36	36,0

По результатам тестирования резерв затухания (Attenuation) составил: на частоте (Frequency) 100 МГц – 10 дБ, на частоте 250 МГц – 13,7 дБ.

Зависимость затухания канала от частоты представлена на рис. 2.

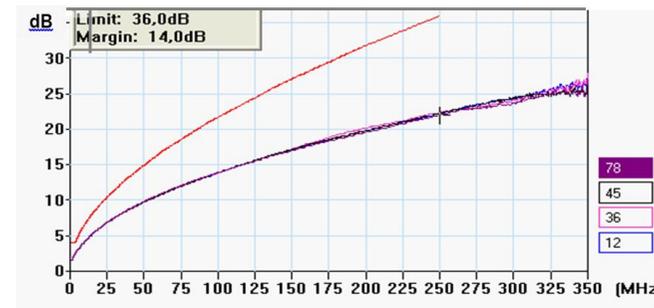


Рис. 2. Зависимость затухания тестируемого канала от частоты

Рефлектограмма тестируемого канала представлена на рис. 3. Ее анализ показывает отсутствие неоднородностей волнового сопротивления внутри канала. Около 5% отклонений фиксируется на разъемах. Пик отражений вызван вспомогательным блоком.

Результаты тестирования затухания, рефлектометрии, сопротивления, задержки распространения, межпарного сдвига канала категории 6 показали, что данная категория может с успехом быть применена в различных приложениях.

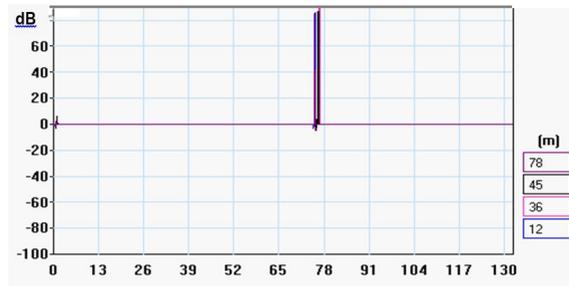
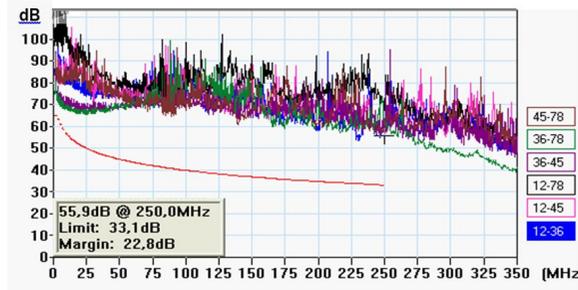
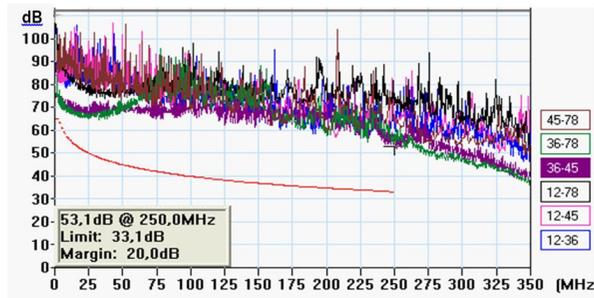


Рис. 3. Рефлектограмма тестируемого канала

Полученные зависимости перекрестных наводок двунаправленной приемо-передачи (NEXT) от частоты представлены на рис. 4.



а)



б)

Рис. 4. Перекрестные наводки (двунаправленной приемо-передачи) NEXT на конце тестируемого канала: а – ближнем; б – дальнем

Перекрестные наводки (двунаправленной приемо-передачи) NEXT измерялись по шесть комбинаций перекрестных наводок в диапазоне частот 350 МГц. Заметим, что предел измерений категории 6/класса E – 250 МГц.

Уровень межпарных наводок тестируемого канала на частотах до 200 МГц не превышал (- 60 дБ), что обеспечивало резерв не менее 25 дБ.

В табл. 4 приведены значения межпарных наводок на ближнем (MAIN - OCH) и дальнем (SR - BCI) концах тестируемого канала, минимальные значения резерва параметров (Worst Case Margin) для комбинации худших пар, худшие абсолютные значения (Worst Case Value), указан резерв.

Заметим, что абсолютное значение NEXT равно сумме предела (Limit), определенного стандартом, и результата измерений резерва.

Таблица 4.

Перекрестные наводки NEXT

PASS	Worst Case Margin		Worst Case Value	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Worst Pair	36–78	36–78	12–36	36–45
NEXT, дБ	11,3	11,1	19,5	20,0
Frequency, МГц	10,1	10,0	230,5	250,0
Limit, дБ	56,5	56,6	33,8	33,1

Результаты измерений являются наглядным опровержением ошибочной, хотя и широко распространенной интерпретации параметра NEXT как «наводок на ближнем конце кабеля». Напомним, что ближним концом считалась точка подключения основного блока, дальним – вспомогательного блока.

Результаты тестирования отношения затухания к наводкам ACR (сигнал/шум однонаправленной передачи без учета внешних помех и возвратных потерь) представлены на рис. 5.

Обобщенные результаты измерений ACR представлены в табл. 5.

Таблица 5.

Отношение затухания к наводкам ACR

PASS	Worst Case Margin		Worst Case Value	
	MAIN	SR	MAIN	SR
Worst Pair	36–78	36–78	12–36	36–45
ACR, дБ	8,8	8,7	32,4	33,6
Frequency, МГц	4,0	2,6	230,5	250,0
Limit, дБ	58,7	61,0	- 0,6	- 2,8

Данная работа выполнена в рамках НИР «Проектирование сетей», проводимая в ГБОУ ВО МО «Технологический университет» под руководством д.т.н., профессора Артюшенко В.М.

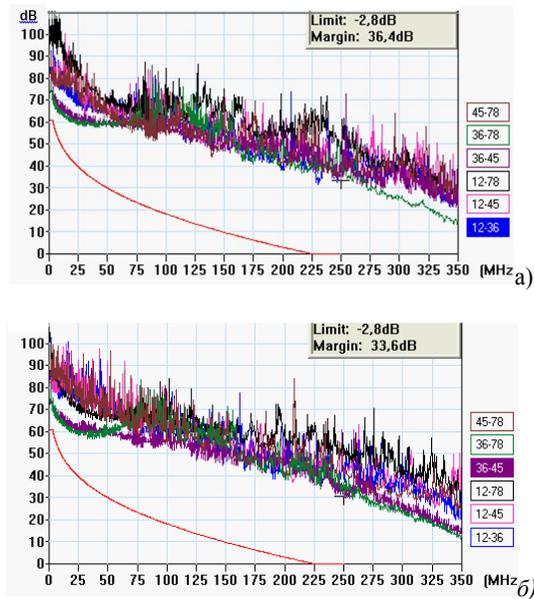


Рис. 5. Отношение затухания к наводкам АСР на конце: а – ближнем; б – дальнем

#### Библиографический список

- Аббасова, Т. С. Методы инсталляции и проектирования электрических кабельных линий в 10-гигабитных системах связи [Текст] / Т.С. Аббасова, В.М. Артюшенко // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2009. Т.5. №2. С.8 – 16.
2. Артюшенко, В. М. Мультимедийные гибридные сети [Текст] / В. М. Артюшенко, А.К. Гуреев, В.В. Абраменков, Енютин К.А.: монография. – М.: МГУС, – 2007. – 94 с.
3. Артюшенко, В. М. Структурированные кабельные системы [Текст] / В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова // Учебное пособие / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Артюшенко, ГОУ ВПО «МГУС». – М., – 2005. – 150 с.
4. Артюшенко, В. М. Проектирование мультисервисных систем в условиях воздействия внешних электромагнитных помех [Текст] / В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова // Монография / под науч. ред. док. технич. наук, проф. В.М. Артюшенко, ФГОУ ВПО РГУТиС. – М., – 2011. – 110 с.
5. Артюшенко, В. М. Анализ эффективности уменьшения межкабельных переходных помех в экранированных кабельных системах [Текст] / В. М. Артюшенко, К.А. Енютин, М.Н. Буткевич // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2009. Т.5. №1. С.19 – 23.
6. Артюшенко, В. М. Электротехнические системы жизнеобеспечения зданий на базе технологий VASnet [Текст] / В. М. Артюшенко, О.Д. Шелухин /

Монография / Под ред. д.т.н., проф. В.М. Артюшенко, – М., ГОУ ВПО «МГУС», – 2006. – 138 с.

7. Артюшенко, В. М. Оценка влияния электромагнитных помех радиозлектронных средств на беспроводные устройства малого радиуса [Текст] / В. М. Артюшенко, В.А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. Т.6. №2. С.10 – 17.
8. Артюшенко, В. М. Особенности резервирования источников бесперебойного питания компьютерного и телекоммуникационного оборудования [Текст] / В. М. Артюшенко, Т.С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2007. Т.3. №3. С.20 – 23.
9. Артюшенко, В. М. Современные направления развития корпоративных сетей спутниковой связи [Текст] / В. М. Артюшенко, Т.С. Аббасова, Б. А. Кучеров // Двойные технологии. – 2014. – №3(68). – С.67–72.
10. Артюшенко, В. М. Схемы подключения управляющего и измерительного оборудования в системах автоматизации и жизнеобеспечения зданий [Текст] / В. М. Артюшенко, В.А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2009. Т.5. №3. С.3 – 11.
11. Артюшенко, В. М. Оценка влияния помех от радиозлектронных систем на беспроводные устройства малого радиуса действия с блоковым кодированием [Текст] / В. М. Артюшенко, В.А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. Т.6. №4. С.3 – 6.
12. Артюшенко, В. М. Информатизация управления группировкой космических аппаратов [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Прикладная информатика. – 2013. – № 6 (48). – С. 6-14.
13. Артюшенко, В. М. Количественная оценка электромагнитного влияния однопроводных линий электрического оборудования [Текст] / В. М. Артюшенко, А.В. Маленкин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2008. Т.4. №1-2. С.29 – 32.
14. Корчагин, В. А. Проблемы электромагнитной совместимости цифрового электротехнического оборудования на промышленных и бытовых объектах [Текст] / В.А. Корчагин, В. М. Артюшенко // Вестник Ассоциации ВУЗов туризма и сервиса. 2009. №4. С.95 – 98.
15. Советов, В. М. Основы функционирования систем сервиса: учебное пособие [Текст] / В. М. Советов, В. М. Артюшенко – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, – 2010. – 624 с.
16. Artyushenko V.M. Statistical Characteristics of Envelope Outliers Duration of non-Gaussian Information Processes / V.M. Artyushenko, V.I. Volovach // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). Rostov-on-Don, Russia, September 27–30, 2013. – Kharkov: KNURE, 2013. P. 137-140.
17. Артюшенко, В. М. Анализ систем управления космическим летательным аппаратом [Текст] / В.М. Артюшенко, М.И. Видов // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2011. – №1. С.18-29.

© Балашиова Т. В., Сидорова А. С., Рубайло Е. А., 2015

УДК 621.391.7

**Д. Ю. Берестнев\****\*Берестнев Дмитрий Юрьевич, студент**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
dmitry.berestnev@fib.sfedu.ru***И. В. Воробьев\****\*Воробьев Илья Владимирович, студент**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
ilya.vor161@gmail.com***А. Е. Амплиев\****\*Амплиев Андрей Евгеньевич, старший преподаватель**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
ampliev@yandex.ru*

### ЗАТУХАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МАКРОИЗГИБАХ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

*Ключевые слова: оптическое излучение, макроизгибы, затухание излучения, оптическое волокно, диаметр изгиба.*

*Рассмотрены вопросы, связанные с анализом и изучением зависимости затухания оптического излучения на макроизгибах оптического волокна, а также же нахождение зависимости затухания от длины волны и диаметра изгиба.*

Ни для кого не секрет, что такая отрасль как телекоммуникации, в последнее время развивается очень быстрыми темпами. Для достижения высоких скоростей передачи информации и качества передаваемой информации все чаще разрабатывают линии связи, основанные на использовании оптического волокна. В процессе прокладки, оптическая линия связи может быть подвержена различного рода деформациям (изгибам, кручению, вытяжению и т.п.), которые по тем или иным причинам нельзя устранить. Это в свою очередь вызовет затухание оптического сигнала в линии связи.

Как известно, затухание оптического сигнала – процесс ослабления светового потока в оптическом волокне. Факторы, вызывающие это затухание могут быть различными. К таковым относятся:

- затухание, вызванное поглощением светового потока;
- затухание светового потока в оптическом волокне, вызванное рассеянием излучения;
- затухание светового потока, связанное с изгибами оптического волокна.

Основным приемом съема, в том числе и несанкционированного, информации с ВОЛС считается регистрация излучения с боковой поверхности волокна [1]. Для достижения эффективного значения сигнала на приемном устройстве съема информации необходимо волокно подвергнуть деформации – создать изгиб.

Существуют две категории изгибов оптического волокна – микроизгибы и макроизгибы. Микроизгибы вызваны микроскопическими изменениями геометрических параметров сердечника, возникающими, как правило, в процессе

производства оптического волокна. Макроизгибы возникают при изгибах оптического волокна с радиусом, который превышает минимально допустимый радиус, оговоренный техническими требованиями к прокладке волокна, при этом происходит частичный выход оптического излучения из сердцевинки волокна[2].

Поводом для более тщательного исследования макроизгибов оптического волокна послужили результаты лабораторных экспериментов, проведенных на лабораторном стенде, разработанном и реализованном выпускником кафедры ИБТКС Денисовым Е.А. На лабораторном стенде проводились измерения зависимости затухания оптического сигнала в оптическом волокне от количества витков катушки оптического волокна на определенном диаметре стержня. Измерения проводились на длинах волн 1310,1550,1590 нм.

В результате экспериментов получены значения затухания оптического сигнала зависящие от диаметра изгиба, количества витков катушки и длины волны, приведенные в табл. 1 – 5.

Таблица 1

**Затухание излучения измеренное на длине волны  $\lambda = 1310$  нм**

Число витков, N	Диаметр стержня, D							
	10	12	14	16	18	20	24	30
1	5,9	2	0,6	0,3	0,2	0	0	0
2	13,6	3,6	1,5	0,6	0,3	0,1	0	0
3	24,9	6,8	2	0,95	0,37	0,15	0	0
4	31,1	8,9	2,6	1,15	0,49	0,2	0	0
5	39,7	10	3,2	1,4	0,7	0,25	0	0

Таблица 2

**Затухание излучения измеренное на длине волны  $\lambda = 1550$  нм**

Число витков, N	Диаметр стержня, D							
	10	12	14	16	18	20	24	30
1	31	21	7,2	1,9	4,1	0,8	0,18	0,11
2	45	38	14,9	4	8,4	1,5	0,75	0,18
3	61	51	21,6	7,2	13,7	2,6	0,86	0,24
4	69	56	27,1	9,1	19,5	3,1	1,15	0,32
5	76	61	32,5	11,5	21,4	3,6	1,4	0,4

Таблица 3

**Затухание излучения измеренное на длине волны  $\lambda=1570$  нм**

Число витков, N	Диаметр стержня, D							
	10	12	14	16	18	20	24	30
1	32	25	13,5	3	6,4	1,3	0,27	0,07
2	46	42,5	27,3	6	14,5	2,7	0,77	0,14
3	60	52	39	9,2	19	3,2	1,1	0,19
4	68	56	46	13,5	30	3,9	1,5	0,36
5	75	59	48	17,2	31	4,1	1,6	0,45

Таблица 4

Затухание излучения измеренное при длине волны  $\lambda=1590$  нм

Число витков, N	Диаметр стержня, D							
	10	12	14	16	18	20	24	30
1	32	26	17	6,2	6,7	1,5	0,5	0,2
2	47	44	31	11	13,4	3	1,2	0,3
3	56	54	42	16	19	4,1	1,3	0,4
4	66	57	46	22	26	5,4	1,7	0,56
5	77	61	49	27,5	32	6,6	2,2	0,68

Таблица 5

Затухание излучения измеренное при длине волны  $\lambda=1590$  нм

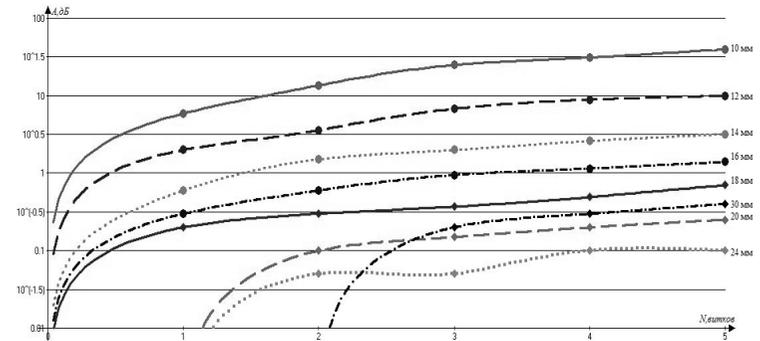
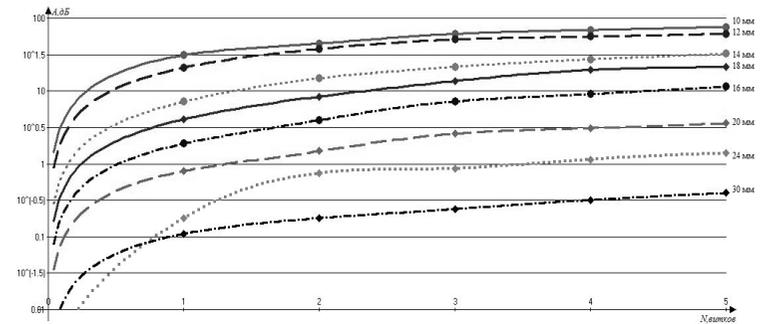
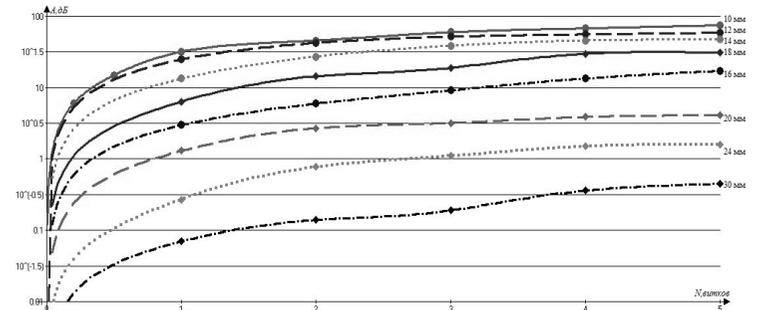
Число витков, N	Диаметр стержня, D							
	10	12	14	16	18	20	24	30
1	21	17,5	20	4,5	6,7	2,3	1,2	0,06
2	47	40	30	9,5	13,7	3,5	1,5	0,28
3	65	58	42	20	27	4,6	2,2	0,47
4	72	62,3	48	22	34	5	2,4	0,78
5	74	65,5	54	30	37	5,6	3	0,9

По данным табл. 1 – 5 построены зависимости затухания сигнала, приведенные на рис. 1 – 10. Во всех зависимостях ось ординат выражена в логарифмическом масштабе. Рис. 1 – 5 представляют зависимости затухания оптического сигнала от количества витков катушки, а рис. 6 – 10 – зависимости затухания от диаметра стержня. Рассмотрим рис. 1 – 5.

Из графиков видно, что затухание пропорционально числу витков катушки, что не только логично, но и соответствует теории. Различия можно наблюдать лишь в значении потерь. Согласно теории, чем больше длина волны, тем чувствительнее оптическое волокно к различным механическим воздействиям. Зависимости, построенные по полученным значениям, полностью это подтверждают. В некоторых случаях, при числе витков катушки более трех, наблюдается замедление роста величины затухания при дальнейшем увеличении числа витков. Этот эффект объясняется «засветкой» волокна внешними источниками освещения, такими как дневной или искусственный свет в лаборатории и детектированием этой засветки, поскольку уровень сигнала в самом волокне уже имеет очень малую интенсивность.

Далее рассмотрим рис. 6 – 10.

Согласно теории, чем радиус изгиба больше, тем потери будут менее заметны. На радиусах изгиба около 10 сантиметров потери вообще будут отсутствовать. Следовательно, чем меньше радиус изгиба, тем потери будут больше. На длине волны  $\lambda = 1310$  нм никаких проблем не возникает, однако на длинах волн  $\lambda = 1550, 1570, 1590, 1610$  нм присутствует «всплеск» затухания, природа возникновения которого и является объектом дальнейшего исследования.

Рис. 1. Зависимость затухания от количества витков катушки ( $\lambda=1310$  нм)Рис. 2. Зависимость затухания от количества витков катушки ( $\lambda=1550$  нм)Рис. 3. Зависимость затухания от количества витков катушки ( $\lambda=1570$  нм)

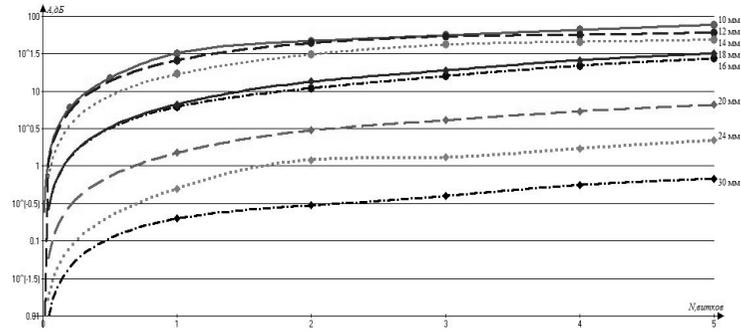


Рис. 4. Зависимость затухания от количества витков катушки ( $\lambda=1590$  нм)

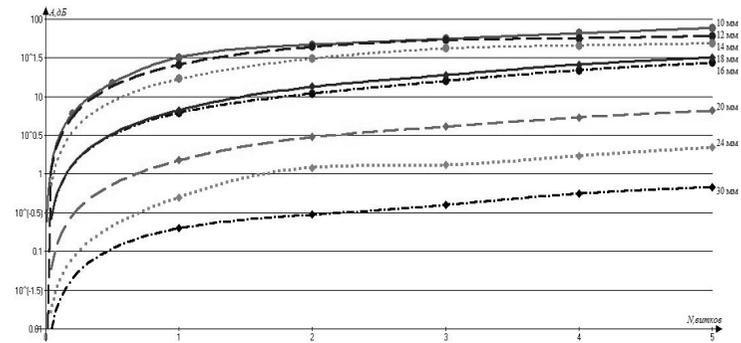


Рис. 5. Зависимость затухания от количества витков катушки ( $\lambda=1610$  нм)

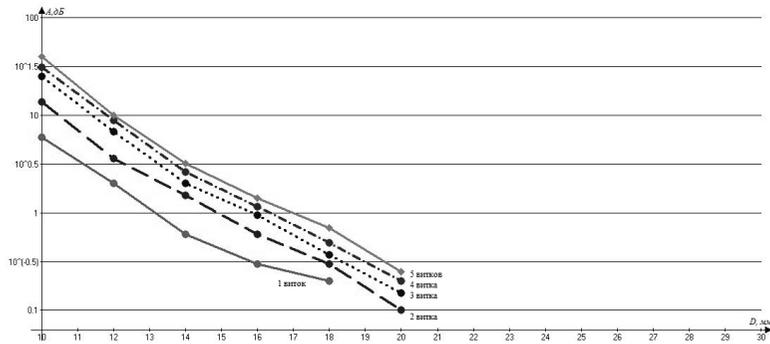


Рис. 6. Зависимость затухания от диаметра стержня ( $\lambda=1310$  нм)

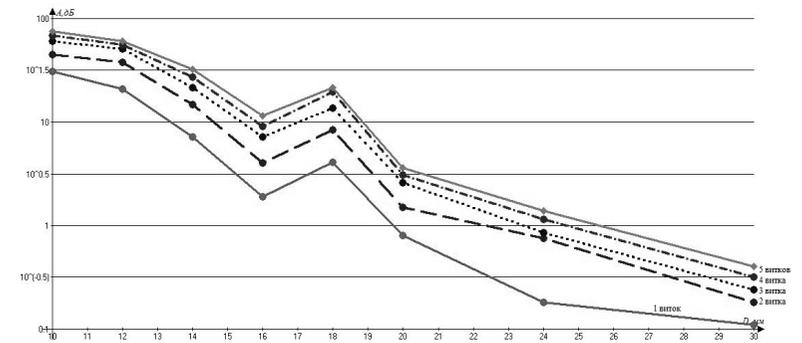


Рис. 7. Зависимость затухания от диаметра стержня ( $\lambda=1550$  нм)

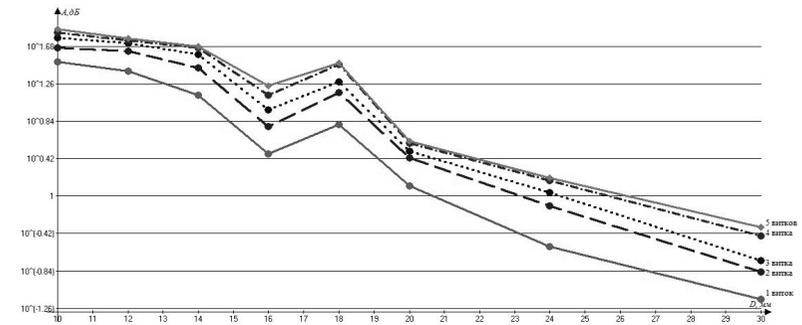


Рис. 8. Зависимость затухания от диаметра стержня ( $\lambda=1570$  нм)

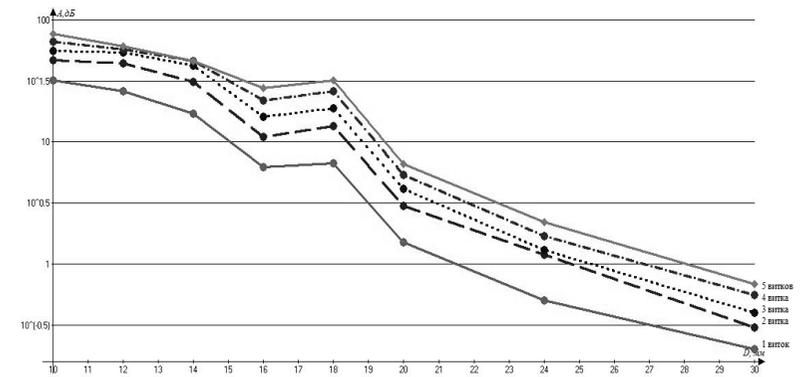


Рис. 9. Зависимость затухания от диаметра стержня ( $\lambda=1590$  нм)

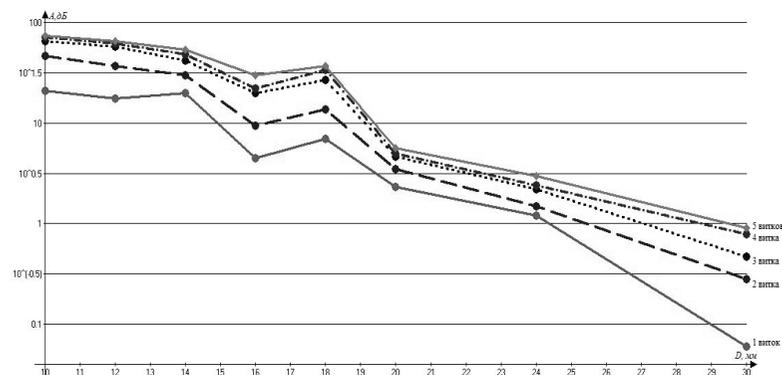


Рис. 10. Зависимость затухания от диаметра стержня ( $\lambda=1610$  нм)

В работе рассмотрены вопросы, связанные с нахождением зависимости затухания оптического излучения на макроизгибах оптического волокна от длины волны и диаметра изгиба, а так же вопросы связанные с анализом зависимости затухания оптического излучения

#### Библиографический список

1. Григорьев Д.А. Защита сигналов в оптической линии [Текст]./ Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013) / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2011. – 92 с.
2. Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика. Теория и практика. – М.: Кулиц-Образ, 2006. – 320 с. – ISBN 5-9579-0093-1

© Берестнев Д. Ю., Воробьев И. В., Амплиев А. Е., 2015

УДК 004:378.14

Ю. А. Богданова\*

\*Богданова Юлия Александровна, студент

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
mysterysoul@mail.ru

### ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА ДЛЯ СОЗДАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*Ключевые слова:* информационный ресурс, сайт, электронный образовательный ресурс, Moodle, образова-тельный процесс.

*Рассмотрены вопросы, связанные с актуальностью разработки информационного ресурса для создателей электронных учебно-методических материалов для обеспечения образовательного процесса вуза на примере конкретного учебного заведения.*

Актуальность электронного обучения обусловлена новой парадигмой образования информационного общества. В последние годы во всем мире наблюдается бурное распространение и повсеместное использование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Одновременно с ростом числа людей, использующих компьютеры, резко увеличился объем информации, получаемой через компьютерные сети и Интернет. Изменения, вызванные стремительным развитием информационно-коммуникационных технологий, происходят практически во всех сферах деятельности, и сфера обучения не является исключением. Таким образом, подготовка преподавателей высшего профессионального образования к использованию электронного обучения в образовательном процессе является одной из важнейших задач [1; 2; 3; 4; 5; 6].

Положением «Об электронном обучении в образовательном процессе Владивостокского государственного университета экономики и сервиса» (СК-СТО-ПО-04-1.115-2014) предусматривается разработка преподавателями и сотрудниками ВГУЭС широкого спектра электронных учебно-методических материалов (электронных образовательных ресурсов (ЭОР)): учебников, учебных пособий, методических указаний, хрестоматий, курсов лекций, наглядных пособий, практикумов, интерактивных электронных документов и т.п.

Преподаватели ВГУЭС используют в образовательном процессе современные информационные технологии, в частности электронную обучающую среду Moodle. Данная среда в настоящее время имеет довольно активное распространение при организации образовательного процесса в стране [7; 8; 9; 10]. Для поддержки развития электронного обучения в университете и повышения уровня знаний и умений у преподавательского состава в сфере смешанного обучения, необходимо разработать информационный ресурс, а точнее сайт «Технологии электронного обучения».

Преподаватели имеют доступ к лицензионному и свободно распространяемому программному обеспечению, предназначенному для создания электрон-

ных учебно-методических материалов и иных образовательных ресурсов, но существует актуальная проблема:

- отсутствие качественных русскоязычных инструкций по эксплуатации данного программного обеспечения (ПО);
- недостаточный уровень сформированности технических навыков, связанных с использованием ПО для разработки электронных образовательных ресурсов (ЭОР);

Решению данной задачи послужит создание специализированного информационного ресурса, на котором будут представлены:

- шаблоны ЭОР различных типов с возможностью их скачивания;
- примеры (образцы) ЭОР по дисциплинам образовательных программ, реализуемых университетом;
- инструкции для преподавателей и сотрудников университета по созданию собственных ЭОР;
- методические рекомендации для авторов ЭОР по использованию разработанных ЭОР в учебном процессе.

Информационный ресурс – совокупность данных, организованных для эффективного получения достоверной информации. К информационным ресурсам относятся: библиотеки, архивы, базы данных, а также информационные сервисы (группа сайтов, на которых можно воспользоваться разнообразными сервисными услугами).

Для решения поставленной цели информационный ресурс будет представлен в виде сайта «Технологии электронного обучения» для создателей электронных учебно-методических материалов во ВГУЭС. Структура данного ресурса отвечает требованиям технического задания и данная форма представления будет проста для понимания пользователей.

Проектирование сайта начинается с его логического представления. Структура сайта должна быть построена таким образом, чтобы быть удобной как для пользователей, так и для поисковых роботов. Она должна включать в себя внутреннее и внешнее представление, ее состав зависит от цели ресурса и его групп пользователей [11; 12; 13].

В данном случае мы имеем такие группы пользователей как:

- Внешние пользователи;
- Внутренние пользователи;
- Сотрудники отдела современных образовательных технологий (ОСОТ).

Внутренняя структура сайта определяет состав его страниц и их размещение относительно друг друга.

Внешняя структура представляет собой схематичное распределение отдельных элементов сайта на его страницах.

Наличие внешней и внутренней структур сайта помогает не только создать комфорт для его пользователей, но и помогает роботам поисковых систем проиндексировать все страницы сайта.

На главной странице сайта пользователи могут увидеть последние публикации сайта, воспользоваться полнотекстовым поиском, поиском по тегам,

авторизоваться/зарегистрироваться, перейти к просмотру лучших материалов сайта, перейти в разделы:

- Об электронном обучении
- Методика
  - o Организация учебного процесса
  - o Активные методы обучения
- Нормативные документы
- Работа в Moodle
  - o Общие вопросы
  - o Разработка учебного контента
  - o Подсистема тестирования
- Инструмент разработчика
  - o Ispring
  - o Suite
  - o Adobe Captivate
  - o Articulate Storyline
  - o Hot Potatoes
- Web-сервисы
- Советы и хитрости
- Полезные ссылки
- Вопрос-ответ
- Обратная связь

Данный ресурс должен поддерживать процесс создания электронных учебных курсов; способствовать повышению компетенций преподавателей и сотрудников ВГУЭС по работе с программным обеспечением для создания электронных обучающих ресурсов.

#### Библиографический список

1. Явич М.П. Электронный учебник, его преимущества и недостатки // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 10 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/10/16884>
2. Бутузова Г.Н., Иванов А.Ю., Маринина Е.С. Анализ электронных средств обучения // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 1 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/01/6155>
3. Кийкова Е.В., Лаврушина Е.Г., Слугина Н.Л. Использование интегрированной образовательной среды в учебном процессе // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. 2009. № 1. С. 51-57.
4. Инновационная деятельность в системе образования. Часть 4 [Электронный ресурс]: монография/ А.Ю. Гончарук [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Перо, Центр научной мысли, 2012. — 195 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8981>
5. Лисицына Л.С. Методология проектирования модульных компетентностноориентированных образовательных программ: методич. пособ. - СПб., 2009.
6. Моисеенко Е.В., Лаврушина Е.Г. Развитие информационной компетентности обучающегося в процессе самостоятельной работы // Современные

научные исследования и инновации. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/51899>

7. *Боженков В. В., Косак А. А., Шахлевич Г. М.* Лабораторный практикум в структуре интерактивных образовательных ресурсов по инженерным дисциплинам. // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2014) : сб. статей IV международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2014. – 272 с.

8. *Баженев Р.И.* Использование системы moodle для организации самостоятельной работы студентов // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2014. № 3 (93). С. 174-175.

9. *Белюсова И.Д., Солдатенкова Ю.Б.* Разработка учебного курса на основе Moodle // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 6 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/06/34744>

10. *Иванов В. В., Данилова М. С., Челноков А. Ю.* Разработка электронного учебника по дисциплине «Компьютерный практикум» и контроль успеваемости студентов в системе дистанционного обучения Moodle // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013) : сб. статей III международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2013. – 409 с.

11. *Быковский М.А.* Модель разработки типового сайта. Рекомендации заказчику // Современная техника и технологии. 2014. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/04/3452>

12. *Лямин М.И.* Понятие эффективности сайта // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 6 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/06/34663>

13. *Ушаков А.Ф., Литовкин Д.В.* Выявление потенциальных пользователей вебсайта профилирующей кафедры вуза (на примере вебсайта кафедры ПОАС ВолгГТУ) // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/34229>

© Богданова Ю. А., 2015

УДК 004.94

**М. А. Болобанова\***

*\*Болобанова Мария Анатольевна, магистрант*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*  
bolobanovama@tltk.ru

**О. А. Рыль\***

*\*Рыль Ольга Андреевна, магистрант*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*  
ryl-olga@mail.ru

**Т. С. Яницкая\***

*\*Яницкая Татьяна Сергеевна, к.т.н., доцент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*  
yan@tolgas.ru

### АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

*Ключевые слова: система менеджмента качества, стандарт ISO 9001, информационная система, бизнес-процессы, создание системы менеджмента качества.*

*Рассмотрены проблемы, связанные с созданием системы менеджмента качества на малых предприятиях, и предложен метод их решения.*

Основой мирового и регионального рынка служит предпринимательство, которое напрямую зависит от малых и средних предприятий. Малый бизнес важен для любого государства.

Проблема моделирования систем управления качеством нашла отражение в одной из первоочередных задач целевой программы реструктуризации и конверсии оборонной промышленности «Разработка методики формализованного описания и анализа процессов, протекающих в ходе жизненного цикла изделия, и создание на основе данного формализованного описания системы обеспечения качества продукции в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001».

На российских предприятиях практически не применяются различные методики анализа и оптимизации структуры системы качества. Слабо используются возможности имеющихся CASE-средств. Среди задач управления качеством повышенной актуальностью отличаются задачи моделирования системы качества в соответствии с требованиями стандартов серии ISO 9000. В такой модели необходимо использование методов структурного анализа, преобразование информации различного типа к виду, соответствующему основным методологиям структурного анализа. При проектировании модели должна сохраняться вся информация. Проектируемая модель системы управления качеством должна сопоставляться модели стандарта ISO 9001.

Малые предприятия относятся к предприятиям, которые способны быстро приспособиваться к экономическим условиям, которые постоянно меняются.

На сегодняшний день любому малому предприятию чтобы занять место на межрегиональном и мировом рынке нужно быть конкурентоспособным. Конкуренция на рынках постоянно растет, и ужесточаются требования к предпри-

ятиям. Малым предприятиям очень тяжело поддерживать конкурентоспособность. Производство качественной продукции или услуги дает возможность малым предприятиям занять твердое место на рынке и увеличить прибыль, так как любой потребитель хочет получать качественный товар или услугу. Сертификат системы менеджмента качества дает гарантию качества продукции или услуги потребителю. Одним из показателей качественной продукции является сертификат системы менеджмента качества [6].

Цель работы заключается в повышении эффективности системы менеджмента качества на основе применения методов структурного анализа.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи

- Провести анализ существующих подходов к разработке систем качества с позиций системного анализа и структурного моделирования.
- Разработать методику моделирования элементов стандартов серии ISO 9000.
- Разработать информационную подсистему поддержки СМК организации «Управление документацией».

В результате проведенного исследования были проанализированы научные труды зарубежных и отечественных ученых. Существенный вклад в развитие науки об управлении качеством внесли отечественные ученые: Адлер Ю.П., Азаров В.Н., Барвинок В.А., Белобрагин В.Я., Бойцов В.В., Бойцов Б.В., Бородачев Н.А., Васильев В.А., Версан В.Г., Ватсон Г.Х., Гличев А.В., Горленко О.А., Данилов И.П., Джинчарадзе А.К., Исаев Л.К., Лавидус В.А., Мигачев Б.С., Окрепилов В.В., Субетто А.И., Сычев Е.И., Уткин Э.А., Шлыков Г.П., Шор Я.Б., и др.

Малому предприятию, которое собирается разработать или совершенствовать систему менеджмента качества приходится столкнуться с рядом проблем. Такому предприятию за короткое время необходимо разработать большое количество документации, которая подтверждает его деятельность, так же на предприятии должны функционировать бизнес-процессы, описанные в документации. После чего аудиторская фирма проверяет, соответствует ли система менеджмента качества требованиям стандарта ISO 9001.

На малом предприятии работают незначительное количество сотрудников, на которых кроме своих основных обязанностей накладываются дополнительные, связанные с разработкой системы качества. Большое количество срочных дел ведет к частым перерывам и сбоям в работе. Поэтому разработка системы качества на малом предприятии может длиться год и полтора. Но проблема в том, что чем больше времени проходит, тем увеличивается возможность отставания существующих проблем в процессах и документах.

Так же часто сотрудники малого предприятия не понимают основы создания системы менеджмента качества. Большая длительность проектов приводит к тому, что множество сотрудников еще до сертификации забывают о целях проекта по совершенствованию системы качества.

Возникающие проблемы приводят к снижению мотивации у руководителей и сотрудников малого предприятия. У малого предприятия нет того бюджета на внедрение ISO, который есть у большинства крупных предприятий.

Малые предприятия относятся к предприятиям, которые способны быстро приспосабливаться к экономическим условиям, которые постоянно меняются. На сегодняшний день малому предприятию чтобы занять место на межрегиональном и мировом рынке нужно быть конкурентоспособным. Конкуренция на рынках постоянно растет, и ужесточаются требования к предприятиям. Малым предприятиям очень тяжело поддерживать конкурентоспособность. Про-

изводство качественной продукции или услуги дает возможность малым предприятиям конкурировать на рынке. Сертификат системы менеджмента качества дает гарантию качества продукции или услуги потребителю. Одним из показателей качественной продукции является сертификат системы менеджмента качества. Поэтому внедрение и сертификация системы менеджмента качества является эффективным способом повышения конкурентоспособности на предприятии. Поэтому вопрос по разработке эффективного метода создания системы менеджмента качества на малых предприятиях является актуальным.

Проанализировав существующие методики, применяемые для создания и внедрения системы менеджмента качества, пришли к выводу, что подробно рассмотреть существующие методики создания системы качества тяжело, так как информация неполная и владельцы, разработчики методик не очень охотно делятся своими наработками.

Первая методика интегрированных систем менеджмента качества описанная в работе Свиткина М.З. основывается на разработке интегрированной системы менеджмента качества. Система качества по данной методике проводится по следующим этапам[3]:

1. Проведение организационных работ по созданию интегрированной системы менеджмента качества;
2. Создание интегрированной системы менеджмента качества;
3. Документирование интегрированной системы менеджмента качества;
4. Внедрение интегрированной системы менеджмента качества;
5. Подготовка к сертификации.

Следующая методика создания системы менеджмента качества, которая описывается в работе Мальшев О.В. предназначена для учебных заведений. Этапы данной методики следующие:

1. Руководство созданием системой менеджмента качества;
2. Анализ стратегий системы менеджмента качества;
3. Анализ процессов системы менеджмента качества;
4. Документирование и подготовка к сертификации системы менеджмента качества[4].

Все методики в данных работах основываются на описании выполняемых действий которые необходимо выполнить для того чтобы система качества соответствовала требованиям стандарта, но не описано как именно это сделать.

Для того, чтобы решить проблемы, возникающие при разработке и внедрении системы менеджмента качества на предприятии, возможно, разработать методику моделирования системы менеджмента качества на основе стандарта ISO 9001-2011. Такая методика создания модели стандарта ISO 9001-2011, которая позволит любому предприятию независимо от вида деятельности использовать ее в основу для создания системы менеджмента качества. Такая модель дает предприятию возможность дополнять основу теми процессами, которые ему необходимы. Таким образом на предприятии уменьшаются затраты и время создания системы менеджмента качества.

Предприятиям при внедрении системы менеджмента качества невозможно обойтись без информационной системы. Информационная система на предприятии дает возможность эффективно работать и приносить большую выгоду. В таких предприятиях увеличивается скорость внедрения системы менеджмента качества (до 50%), повышается эффективность работы (80%), происходит окупаемость систем за короткий срок (50%) (рис.1).

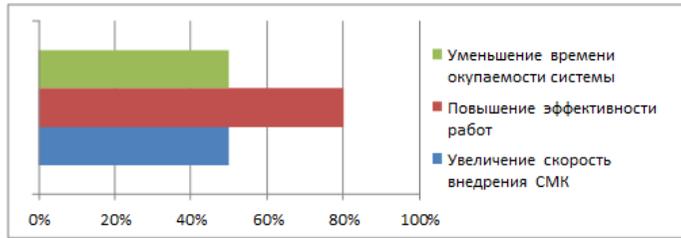


Рис. 1. Диаграмма показателей эффективности

Стандарт ISO 9001-2011 представлен как текстовый документ, проанализировав его и выделив из текста основные конструкции, позволит создать модель, которая подходила бы любому предприятию независимо от вида его деятельности и служила основой [1].

Системы менеджмента качества должна соответствовать требованиям, которые описаны в стандарте ISO 9001. В Стандарт ISO 9001-2011 описываются требования, которые должны выполняться на том или ином предприятии.

Существительные и глаголы, которые встречаются в тексте являются основными элементами текста.

Если рассмотреть подраздел стандарта ISO 9001-2011 4.2.3 «Управление документацией», в котором говорится о том, что для определения необходимых средств управления должна быть разработана документированная процедура, предусматривающая анализ и актуализацию по мере необходимости и повторное официальное одобрение документов.

Весь стандарт, представлен в виде текстовой информации, описывающей необходимые действия, которые должно выполнить предприятие. Выделив из текста основные глаголы и существительные, которые будут являться основой этого текста, и взаимосвязаны между собой, выделим основные конструкции текста (табл. 1). Глаголы выражают процессы, которые описываются в стандарте, а существительные и отглагольные существительные будут говорить над чем, производится процесс.

Таблица 1.

Выделенные глаголы и существительные из 4.2.3 «Управление документацией» б)

Существительные (в том числе отглагольные существительные)	Глаголы
1) Документы СМК 2) Необходимые изменения	Анализ документов по мере необходимости.
1) Документы СМК 2) Необходимые изменения	Актуализация документов по мере необходимости.
1) Документы СМК 2) Необходимые изменения	Повторное официальное одобрение документов по мере необходимости.

Все глаголы связаны между собой, связями служат существительные (рис. 2). Выделенные процессы, которыми являются глаголы, являются частью модели [5].

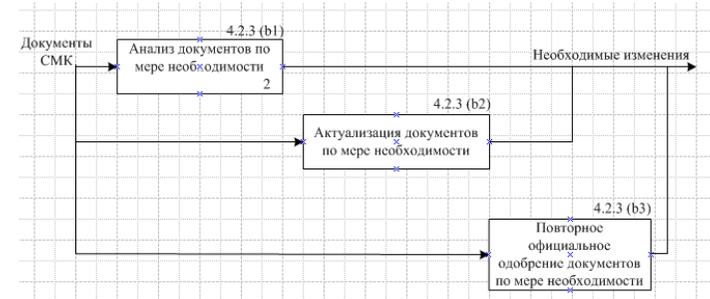


Рис. 2. Взаимосвязь глаголов и существительных

Создание модели стандарта позволяет детально посмотреть на обязательно выполняемые процессы. Построение модели лучше произвести методологией IDEF0. Такой подход позволяет детально посмотреть на процессы модели и убедиться, что не произошла потеря информации (рис 3).

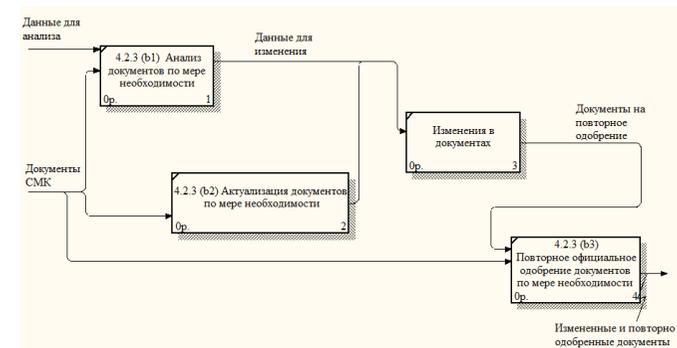


Рис. 3. Схема 4.2.3 «Управление документацией» б)

Выделенные конструкции будут являться основой для моделирования и дают детальное представление о структуре предложения. Для анализа документов необходимы документы системы менеджмента качества и данные для анализа. Для актуализации документов и повторного официального одобрения так же необходимы документы системы менеджмента качества. Проанализировав и актуализировав данные, производится изменения в документах и эти документы отправляются на официальное одобрение. В итоге должны получиться измененные и повторно одобренные документы.

Метод лексического анализа позволит проанализировать стандарт и выделить из него основные конструкции, которые должны встречаться в документации системы менеджмента качества.

Для описания структуры системы качества, анализа существующего положения дел и дальнейшего совершенствования всех элементов системы необходима разработка модели системы качества. Такая модель позволит не только упорядочить процесс внедрения системы менеджмента качества, но уже на подготовительном этапе даст возможность увидеть «узкие» места.

Можно видеть, что при применении методов структурного анализа основной проблемой является методика построения моделирования процессов, происходящих на любом этапе жизненного цикла продукции или услуг

Предложенная модель на основе стандарта ISO 9001 позволит любому предприятию независимо от вида деятельности использовать ее в основу для создания системы менеджмента качества. Такая модель дает предприятию возможность дополнять основу теми процессами, которые ему необходимы.

Сформулированный подход моделирования системы менеджмента качества, рассмотренный на примере стандарта ISO 9001-2011 позволит сократить время разработки и внедрения, а так же уменьшить затраты на предприятии.

#### *Библиографический список*

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2011. Системы менеджмента качества. Требования.
2. Саблин, В.К. О внедрении электронного документооборота / В.К. Саблин // Аудит. - 2004. - №5. - С.6.
3. Свиткин, М.З. От менеджмента качества к качеству менеджмента и бизнеса: миф и или реальность // Стандарты и качество. - 2GG4. - № 1. - С. 74-79.
4. Круглов, М.Г. Менеджмент качества как он есть/М.Г. Круглов, Г.М. Шишков. -- М.: Эксмо, 2007. -- 544 с. -- (Качественный менеджмент).
5. Яницкая, Т.С. Разработка системы менеджмента качества для предприятий малого и среднего бизнеса с использованием методов структурного анализа. Проблемы машиностроения и автоматизации. Международный журнал. №2 2012 г. Изд-Московский городской центр научно-технической информации ISSN 0234-6206
6. Яницкая Т.С. Построение модели системы управления качеством предприятия на основе разработанной методики с использованием методов структурного анализа. Известия Самарского научного центра РАН. Изд.- Самарский научный центр РАН, Специальный выпуск 2006
7. Барвинок В.А., Яницкая Т.С., Клочков Ю.С., Родина Т.Н. Методика формализованного описания процессов разработки системы качества // Проблемы машиностроения и автоматизации.- 2005. - №3. Изд.: Московский городской центр научно-технической информации ISSN 0234-6206 С.29-33

© *Болобанова М. А., Рьль О. А., Яницкая Т. С., 2015*

УДК 004.94

**М. А. Болобанова\***

*\*Болобанова Мария Анатольевна, магистрант*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*  
bolobanovama@tltk.ru

**О. А. Рьль\***

*\*Рьль Ольга Андреевна, магистрант*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*  
ryl-olga@mail.ru

**Т. С. Яницкая\***

*\*Яницкая Татьяна Сергеевна, к.т.н., доцент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*  
yan@tolgas.ru

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ОРГАНИЗАЦИИ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ БАЗ ЗНАНИЙ**

*Ключевые слова: адаптивная информационная система, предметная область, база знаний, база данных, web-сервис, модель описания знаний, логическая модель, сетевая модель, производственная модель, фреймовая модель, сигнатура.*

*Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой адаптивных систем баз знаний для предметной области со сложной структурой, которую трудно алгоритмизировать.*

В настоящее время на многих предприятиях применяются различные информационные системы, являющиеся частью систем управления знаниями на этих предприятиях. Большинство информационных систем работают по четко запрограммированным алгоритмам. Но имеются такие предметные области и задачи автоматизации, в которых использование жестких алгоритмов для автоматизированной системы не является оптимальным. В таких предметных областях происходят частые изменения, которые могут затрагивать как бизнес-процессы, так и значения данных, необходимых при принятии решений. Поэтому при необходимости изменить какой-либо бизнес-процесс системы нужно прибегать к помощи специалистов, которым приходится анализировать большие объемы кода, даже если изменения незначительны. Примерами таких предметных областей могут служить области, связанные с системой управления предприятием, системой управления персоналом, экономикой и т.д.

В связи с этим, в сферах, которые постоянно развиваются, возникает потребность в адаптивных информационных системах. В данной статье планируется исследовать существующие принципы организации адаптивных систем баз знаний и разработать структуру и модель представления знаний для управления знаниями на малых проектных организациях.

Считается, что адаптивные информационные системы должны удовлетворять двум главным требованиям:

1. адекватно отражать знания о предметной области в каждый момент времени;

2. быть пригодными для лёгкой и быстрой реконструкции при изменении предметной области.

Адаптивные свойства информационных систем обеспечиваются за счёт интеллектуализации их архитектуры. Ядром таких систем является постоянно меняющаяся модель предметной области, поддерживаемая в специальной базе знаний.

Таким образом, при разработке адаптивной информационной системы целесообразно разделить её функции на два типа:

1. функции, которые легко алгоритмизировать (обработка и отображение данных);

2. функции, которые можно отнести к интеллектуальным (функции принятия решений).

В соответствии с этим, адаптивную информационную систему можно разделить на две части:

1. подсистема обработки, хранения и отображения данных;

2. интеллектуальная подсистема.

В результате адаптивная информационная система имеет две независимые подсистемы, которые взаимодействуют друг с другом [2].

Преимущество такой адаптивной информационной системы состоит в том, что можно редактировать базу знаний и влиять на работу системы в целом. Структура интеллектуальной части системы является универсальной и не зависит от её наполнения.

Подсистема обработки данных состоит из базы данных и приложения, взаимодействующего с ней. Приложение взаимодействует также с пользователем, получая от него команды, и запускает соответствующие процессы по обработке данных, которые содержат обращения к интеллектуальной подсистеме. Приложение взаимодействует с интеллектуальной подсистемой, когда необходимо выполнить действие, связанное с принятием определённого решения, или необходимо получить информацию, хранящуюся в базе знаний (рис. 1).

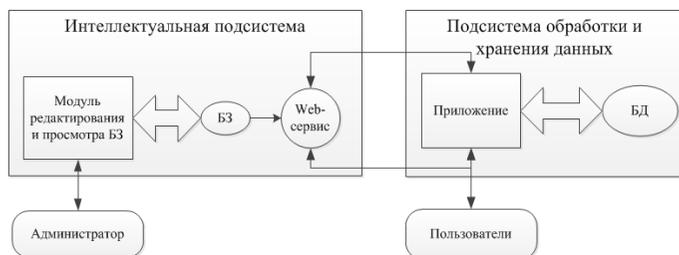


Рис. 1. Структура адаптивной информационной системы

Приложение вызывает Web-сервис и передаёт ему данные, описывающие текущее состояние системы, и запрос, который должна выполнить интеллекту-

альная подсистема. С помощью Web-сервисов реализуется механизм логического вывода.

Заполняется и редактируется база знаний через «Модуль редактирования и просмотра БЗ». Через этот модуль осуществляется доступ к БЗ администратора. Также в функции данного модуля входит контроль непротиворечивости системы правил и контроль правильности ввода новых знаний.

Выбор способа представления знаний в интеллектуальной системе является ключевым моментом разработки [2]. С точки зрения человека, желательно, чтобы описательные возможности используемой модели были как можно выше. С другой стороны, сложное представление знаний требует специальных способов обработки (усложняется механизм вывода), что затрудняет проектирование и реализацию интеллектуальной подсистемы.

Существуют четыре основные модели описания знаний: логические модели, сетевые модели, продукционные модели и фреймовые модели. Каждая из этих моделей имеет свои достоинства и недостатки.

Сетевая модель является наиболее общей моделью представления знаний. Но такая универсальность имеет и негативную сторону. Если допускать в сетевой модели произвольные типы отношений и связей, не являющихся отношениями в математическом смысле (например, ассоциативные связи), то резко возрастает сложность работы с такой моделью. Также построение сетевой модели зависит от взгляда на проблему самого разработчика. Поэтому разные инженеры по знаниям могут спроектировать разные модели одной предметной области, что может сказываться негативно на реализации процедур обработки знаний.

Во фреймовых моделях соединены основные особенности моделей перечисленных типов. Но в отличие от них, во фреймовых моделях фиксируется жёсткая структура информационных единиц. Это существенно снижает гибкость такой модели.

Логические модели предназначены для использования в исследовательских системах, и основной их задачей является доказательство теорем и организация вывода в логике. К недостатку этих моделей относится то, что они предъявляют высокие требования к качеству и полноте знаний о предметной области.

Продукционные модели наряду с фреймами являются наиболее популярными средствами представления знаний. Продукции, с одной стороны, близки к логическим моделям, что позволяет организовать на них эффективные процедуры вывода, а с другой стороны, отражают знания более наглядно, чем классические логические модели.

Продукционные модели имеют, по крайней мере, два недостатка. При большом числе продукций становится сложной проверка непротиворечивости системы правил. Это заставляет при добавлении новых продукций тратить много времени на проверку непротиворечивости полученной системы. Из-за присущей системе недетерминированности (неоднозначного выбора выполняемой продукции из множества активизированных продукций) возникают принципиальные трудности при проверке корректности работы системы.

Каждой модели представления знаний отвечает свой язык. Однако на практике при разработке системы редко удаётся обойтись рамками одной модели представления знаний за исключением самых простых случаев [3].

Для реализации базы знаний адаптивной информационной системы было выбрано сочетание продукционной и логической моделей. Совместное использование этих моделей представления знаний обладает рядом преимуществ:

1. снижаются требования к качеству и полноте хранящихся знаний;
2. увеличивается эффективность обработки продукций;
3. увеличивается наглядность представления знаний.

В базе знаний выделим три основные части:

1. база правил;
2. предикатная база данных;
3. логический блок.

Логическая структура базы знаний, которая использует логическую и продукционную модели, приведена на рис. 2.

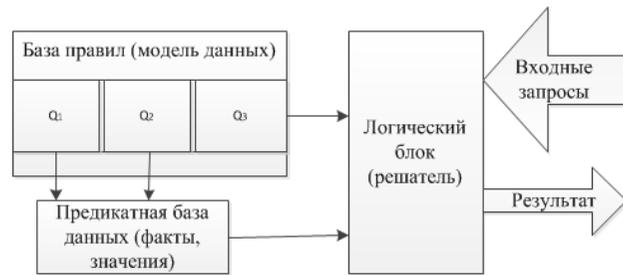


Рис. 2. Логическая структура базы знаний, использующей логическую и продукционную модели

Сигнатурой называется множество  $S$  выражений вида

$$f: A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n \rightarrow B,$$

где  $A_j, B$  – сорта,  $af$  – функция.

Сигнатура задаёт структурные связи между понятиями предметной области, представленные предикатами и функциями. Логические связи между этими понятиями задаются формулами в этой сигнатуре (интерпретирующая сигнатура структура). Структурные и логические связи выражают некоторое знание о предметной области.

Таким образом, все формулы строятся на основе сигнатуры  $S$ . Пусть  $Q$  – логическая модель предметной области. Тогда  $Q$  состоит из двух частей:  $Q_1$  и  $Q_2$ , которые описывают соответственно структурные свойства предметной области и логические её свойства. В нашем случае  $Q_1$  есть сигнатура  $S$ , а  $Q_2$  есть совокупность замкнутых формул, записанных в сигнатуре  $S$ . Часть  $Q_2$  служит для представления ограничений, которым удовлетворяют сущности и отношения предметной области, закономерностей, описывающих поведение сущностей.

Если из  $Q_2$  отдельно записать правила, по которым можно проверять истинность новых утверждений, то можно предложить разбиение логической модели предметной области  $Q$  на три части:  $Q_1, Q_2$  и  $Q_3$ . При этом в  $Q_2$  останется описание только ограничений, которым удовлетворяют сущности и отношения предметной области, а в  $Q_3$  мы будем записывать продукционные правила.

Предикатная база данных хранит факты о предметной области (атомарные константные формулы), которые используются системой продукций  $Q_3$ . Набор типов фактов определяется  $Q_1$ , а правильность их написания –  $Q_2$ . Факты отражают знания эксперта о предметной области, которые всегда являются истинными, как правило, это какие-либо постоянные связи или значения термов.

Логический блок содержит основные алгоритмы работы с фактами и правилами, а также механизмы логического вывода и средства взаимодействия с внешним миром. Данный блок принимает входные факты и запросы, проверяет, соответствуют ли переданные факты хранящейся в базе знаний логической модели предметной области, осуществляет логический вывод, исходя из входного запроса, а также формирует результат выполнения этого запроса.

В статье рассмотрен вариант построения структуры и модели адаптивной информационной системы. Основным элементом такой системы является база знаний, которая взаимодействует с подсистемой обработки и хранения данных. Преимуществом адаптивной информационной системы является то, что при редактировании базы знаний администратор влияет на выполнение системой бизнес-процессов. В результате система становится более гибкой и способной адаптироваться к специфике работы пользователей.

Структура интеллектуальной подсистемы, в первую очередь, зависит от выбора модели представления знаний. Для реализации базы знаний адаптивной информационной системы выбрано сочетание продукционной и логической моделей. Такое представление знаний обладает рядом преимуществ: снижает требования к качеству и полноте хранящихся знаний, увеличивает эффективность обработки продукций и повышает наглядность представления знаний.

#### Библиографический список

1. Матальцкий М. А., Менько В. Д. Исследование и оптимизация некоторых стохастических моделей информационных систем документооборота. III Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации». Сборник статей, ПВГУС, 2013.- 409с.
2. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем. — М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010. — 432 с.
3. Трофимова Л.А., Трофимов В.В. Управление знаниями. Учебное пособие – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ. 2012. – 77с.

© Болобанова М. А., Рыль О. А., Яницкая Т. С., 2015

УДК 004.738.5

**К. В. Бондарь\***

*\*Бондарь Кирилл Викторович, магистрант*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь*

Kiryll.bondar@gmail.com

**В. Л. Николаенко\***

*\*Николаенко Владимир Лаврентьевич, к.т.н., заместитель директора по учебной работе*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь*

V\_nikolaenko57@mail.ru

**Г. В. Сечко\***

*\*Сечко Георгий Владимирович, к.т.н., доцент*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь*

georg.sechko@gmail.com

#### ОГРАНИЧЕНИЕ АНОНИМНОГО ДОСТУПА К ИНТЕРНЕТУ НА ПРЕДПРИЯТИИ

*Ключевые слова: информационная безопасность, утечка информации, сервер, анонимная сеть, метод анализа сетевого трафика, блокировка доступа к анонимной сети.*

*Рассматривается опыт ограничения анонимного доступа к интернету на одном из белорусских частных предприятий.*

Мониторинг инцидентов информационной безопасности (ручной или автоматизированный [1]) является актуальным источником формирования исходных данных для разработки мероприятий по защите информации. Такой мониторинг, проводимый в течение ряда лет в одной из частных белорусских компаний, позволил выявить одну из важнейших угроз информационной безопасности для этого предприятия – угрозу утечки информации через анонимные сети.

Технологии защиты информации от утечек в частных компаниях постоянно развиваются и совершенствуются, но так же совершенствуются и методы кражи информации. В последнее время очень активно развиваются так называемые анонимные сети, основным назначением которых является предоставление пользователям анонимного доступа к ресурсам сети интернет без уведомления о таком доступе службы информационной безопасности компании. При этом исключается возможность идентификации на конечном ресурсе того, кто именно обращается к серверу сети. Анонимные сети, в частности, сеть TOR ((The Onion Router, [2, 3]), активно начали использовать хакеры для осуществления взлома удаленных серверов и ухода от ответственности за это, так как в журналах атакуемого сервера значатся подставные идентификационные данные, по которым невозможно вычислить, кем была совершена атака. Используют

зуют анонимные сети и недобросовестные сотрудники компании, получая несанкционированный доступ к интернету. Используя анонимную сеть, сотрудники компании не только могут получать доступ к ресурсам, которые запрещены правилами безопасности компании, но и анонимно передавать данные в обход систем мониторинга, так как передаваемые данные находятся в зашифрованном виде и не распознаются системами контроля утечки информации. В этой части простота использования анонимной сети породила новую угрозу для компаний в плане утечки информации через компьютерные сети и дополнительных хакерских атак.

Большинство анонимных сетей имеет клиент-серверную архитектуру с единым сервером, с которым могут устанавливать соединения клиенты, и который имеет статический адрес в сети интернет. Такие сети не представляют серьезной угрозы для компаний, так как требуют при своей установке выполнения многих условий, которые по умолчанию заблокированы в компаниях с базовым уровнем информационной безопасности.

Более сложные анонимные сети, такие, как сеть TOR, не имеют единого сервера со статическим адресом в сети интернет. Ядро данной сети децентрализовано и имеет постоянно изменяющийся адрес. При подключении к сети TOR от пользователя не требуется специальных навыков. Так же не требуется и установка на рабочую станцию пользователя, соответственно, не запрашиваются права администратора на подключение к сети TOR, потому что системные файлы не изменяются.

Основное преимущество данной сети для желающих получить анонимный доступ к интернету состоит в том, что при обмене информацией с сервером в сети интернет производится многоуровневое шифрование информации, а сам канал связи до конечного сервера проходит через три случайно выбранных узла сети TOR. Информация шифруется при передаче от рабочей станции к первому узлу сети, причём первый узел знает только адрес рабочей станции и адрес следующего узла сети. Затем первый узел снова шифрует информацию и передает её второму узлу сети, который не может получить какую-либо информацию о реальном отправителе, он только знает адрес первого узла сети и адрес следующего, третьего узла, информация снова шифруется и передается третьему узлу. Третий узел, получив информацию, дешифрует ее и отправляет на конечный сервер, к которому обращается пользователь, при этом конечный сервер не сможет узнать, кто является первоисточником запроса, так как видит только адрес третьего узла сети TOR. При ответе сервера на запрос алгоритм повторяется в обратном порядке и до рабочей станции пользователя доходит ответ.

Продолжительное изучение анонимной сети TOR показало ее в некотором смысле уникальность, которая заключается в периодически изменяемом разработчиками алгоритме. В этом алгоритме меняются уникальные маркеры (в данном случае маркеры – это размеры) пакетов, по которым можно было бы обнаружить использование TOR в сети компании. Также для службы информационной безопасности компании не имеет смысла блокировать какой-либо конкретный узел сети, так как при недоступности одного входного узла клиент пытается подключиться к следующему из списка. Список распространяется

клиентам сети по внутреннему протоколу сети TOR, и получить его службе безопасности компании невозможно.

Для ограничения анонимного доступа к интернету через сеть TOR в настоящее время предлагается специально разработанный метод блокировки такого доступа (далее – МЕТОД). Метод заключается в перехвате и анализе специально разработанными алгоритмами сетевого трафика, передаваемого от собственного веб-сервера в интернете через цепочку анонимной сети TOR в ответ на запрос от рабочей станции. Пакеты специально формируются сервером с нестандартным размером, что никак не влияет на производительность, и принимаются системой без ошибок. Данный нестандартный размер пакетов мы берем в качестве маркера. Пакет отправляется в ответ на запрос от рабочей станции, находящейся на территории компании, с установленным на ней клиентом анонимной сети TOR. Весь интернет трафик компании зеркалируется на специальный сервер, который использует разработанный в МЕТОДЕ алгоритм для анализа и выделения маркера, переданного в пакете от веб-сервера в интернете.

Когда пакет с маркером найден, алгоритм МЕТОДА определяет IP адрес источника и добавляет его в файл LIST.TXT, после чего содержимое файла LIST.TXT синхронизируется со списком IP адресов узлов сети TOR, находящимся на собственном веб-сервере компании по некоторому заранее назначенному адресу (адресу TSL). На основе IP адресов, собранных в файле LIST.TXT, производится их блокировка на межсетевом экране службе безопасности компании. Если, как описано выше, TOR обращается к другому узлу сети, то в этом случае IP адрес нового узла также будет определен и заблокирован. Таким образом, в течение суток файл LIST.TXT заполняется IP адресами всех узлов сети TOR. Чтобы применить фильтр на интернет сервере компании, достаточно загрузить с сайта по адресу TSL (см. выше) в сетевой фильтр этого сервера список адресов узлов анонимной сети TOR, которые были обнаружены. Это отфильтрует большинство попыток сетевых атак на сервер. В случае появления новых узлов они так же попадают в список блокируемых. В результате в сети компании становится невозможно использовать анонимную сеть TOR и, соответственно, утечка информации и хакерский взлом удаленных серверов становятся невозможными.

Программное обеспечение для разработанного МЕТОДА использует специальное, бесплатно распространяемое программное обеспечение (ПО) TSHARK в комбинации со скриптами обработки результатов его работы. ПО TSHARK включено в дистрибутивы большинства современных Linux-систем и устанавливается при помощи стандартного менеджера пакетов \$ sudo apt-get install tshark [4-7]. Скрипты приведены в работах [8-10], но в процессе постоянного совершенствования МЕТОДА они периодически перерабатываются и дорабатываются.

Практическое использование предлагаемого МЕТОДА в течение четырех лет в одной из частных белорусских компаний показало его полную пригодность для обнаружения и блокировки сети TOR и ограничения тем самым анонимного несанкционированного доступа к интернету. Количество сетевых атак значительно сократилось. Если ранее приходилось по одному выявлять адреса

атакующих машин и блокировать их, что требовало определённого времени, то теперь 80 процентов этих адресов заблокированы, так как большинство атак провоздилось с использованием анонимной сети TOR.

Побочным результатом проделанной работы по внедрению МЕТОДА стало использование обнаруженного списка адресов узлов анонимной сети TOR для фильтрации пакетов в интернете на серверах других компаний. Этот список адресов недельной давности доступен без оплаты всем желающим по адресу TSL (см. выше). Актуальный список адресов с постоянными обновлениями для подписчиков из других компаний, которые также хотят защитить свои веб-сервера и сети, предоставляется за небольшую плату.

Работы по совершенствованию МЕТОДА продолжаются.

#### *Библиографический список*

- 1 Николаенко, В. Л., Прузан, А. Н., Сечко, Г. В., Таболич, Т. Г. Опыт мониторинга инцидентов информационной безопасности в облачных вычислениях // сб. статей III межд. заоч. НПК «Информационные системы и технологии: управление и безопасность» (декабрь 2014). – Тольятти-Русе: Поволжский гос. университет сервиса в партнёрстве с Русенским университетом «Ангел Кънчев» (Болгария), 2014. – 345 с. – С. 209-215.
- 2 Анонимность в интернет - 2ip [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 2ip.ru/article/privat/. – Дата доступа 13.04.2015.
- 3 Сеть TOR - Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ru.wikipedia.org/wiki/TOR – Дата доступа 13.04.2015.
- 4 Мендкович Н. Анализ трафика некоммерческих сетей. – 2006. – 73 с.
- 5 Анализ трафика в Linux - быстро и просто – Linux по-русски [Электронный ресурс]. – Режим доступа: rus-linux.net/lib.php?name=/MyLDP/admin/darkstat.html. – Дата доступа 13.04.2015.
- 6 Cecil A. A Summary of Network Traffic Monitoring and Analysis Techniques. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.cse.wustl.edu/~jain/cse567-06/ftp/net\_monitoring/index.html. – Дата доступа 13.04.2015
- 7 Анализ сетевого трафика Internet - bugtraq [Электронный ресурс]. – Режим доступа: bugtraq.ru/library/books/attack/chapter04/01.html. – Дата доступа 13.04.2015.
- 8 Бондарь К. В. Защита корпоративной ИТ инфраструктуры от использования анонимной сети TOR // 49-я науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР по направлению 8: Информационные системы и технологии: тез. докл. (Минск, 4 мая 2013 года). – Мн.: БГУИР, 2013. – 68 с. с ил. – С. 68-69
- 9 Бондарь К. В. Блокировка анонимного доступа в интернет для корпоративной сети // Современные средства связи: материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф., 15–16 окт. 2013 года, Минск, Респ. Беларусь / редкол.: А. О. Зеневич [и др.]. – Минск: УО ВГКС, 2013. – 299 с. – С. 253-254.
- 10 Бондарь К. В. Механизм выявления использования анонимного доступа в интернет через сеть TOR из корпоративной сети компании и блокировки такого доступа // 50-я науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР по направлению 8: Информационные системы и технологии: тез. докл. (Минск, 29 марта 2014 года). – Мн.: БГУИР, 2014. – 78 с. с ил. – С. 7.

© Бондарь К. В., Николаенко В. Л., Сечко Г. В., 2015

УДК 621.313; 53.072

**А. С. Бочаров\***

*\*Бочаров Александр Сергеевич, к.т.н., доцент*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. проф.*

*Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж*

*bocharov\_a\_s@mail.ru*

**П. В. Царев\***

*\*Царев Павел Васильевич, курсант*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. проф.*

*Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж*

*bocharov\_a\_s@mail.ru*

**В. В. Шурупов\***

*\*Шурупов Владимир Викторович, курсант*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. проф.*

*Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж*

*bocharov\_a\_s@mail.ru*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА МОДЕЛИРОВАНИЯ SIMULINK

*Ключевые слова: электрогидравлический привод, электрогидроусилитель, система управления, simulink, имитационная модель.*

*В статье рассматриваются возможности пакета имитационного блочного проектирования Simulink для моделирования и анализа электрогидропривода в системе электроди-станционного управления современных самолетов. Приведенная схема модели электрогид-ропривода позволяет учесть основные факторы, необходимые для качественного анализа динамических свойств привода в системе управления.*

Одной из основных задач современного этапа развития авиации является неуклонное повышение технической оснащенности и боевых возможностей воздушных судов (ВС) за счет применения новейших достижений науки и техники. Совершенствование авиационной техники неразрывно связано с ростом числа и мощности потребителей электроэнергии, увеличением и усложнением функций, выполнение которых предполагает использование электрической энергии и, как следствие, повышением электрификации бортового оборудования и ростом энерговооруженности ВС.

Электроэнергетический комплекс (ЭЭК) ВС – сложная, многосвязная система, которая в общем случае описывается большим числом нелинейных дифференциальных и алгебраических уравнений. В связи с тем, что ЭЭК влияет на работу практически всего оборудования, то вопросы исследования процессов, происходящих в ЭЭК ВС являются достаточно актуальным [1].

На каждом этапе жизненного цикла ВС, для снижения различного рода затрат, применяются математическое и компьютерное моделирование процессов в ЭЭК авиационного оборудования. При этом совершенствование и разработка новых компьютерных программ, таких как Matlab [2], специально предназна-

ченных для моделирования, в том числе сложных электроэнергетических систем, позволяет широко использовать их возможности для проведения анализа процессов в ЭЭК [3, 4, 5].

Современные компьютерные технологии позволяют качественно изменить и существенно улучшить технологию изучения процессов в ЭЭК, перевести ее в виртуальную действительность, осуществить в этой виртуальной лаборатории исследования статических и динамических режимов работы, например авиационных электрических машин, их механических характеристик, условий пуска и технико-экономических показателей с получением как количественных, так и графических результатов [3, 4]. Использование компьютерных технологий моделирования позволит расширить круг и глубину рассматриваемых вопросов, провести множество экспериментов с использованием виртуальных ЭЭК.

В настоящее время существует два подхода к моделированию ЭЭК и его элементов, используемых в зависимости от сложности моделируемых объектов и решаемых исследовательских задач [1]:

- использование сосредоточенных параметров отдельных объектов и применении методов теории цепей, при этом все реальные элементы представляются в виде схем замещения, а математические модели представляются в виде систем алгебраических и дифференциальных уравнений;
- при рассмотрении объектов используются распределенные параметры, при этом для формирования математических моделей используются уравнения математической физики, например дифференциальные уравнения в частных производных для электродинамики, теплопроводности и т.п.

Однако при численном моделировании с использованием второго подхода значительно возрастают вычислительные затраты, особенно при необходимости повышения точности описания процессов. Поэтому на практике часто используют комбинацию этих двух подходов или, для описания элементов ЭЭК, применяют только моделирование систем с сосредоточенными параметрами. Использование компьютерной техники при моделировании привело к значительному росту эффективности моделирования. Эксперименты над математической моделью, реализованной с использованием компьютерных программ называют вычислительными экспериментами, а сами модели – компьютерными моделями [1].

Целью данной работы является раскрытие возможностей наглядного и эффективного средства визуального программирования моделей – пакета расширения Simulink программы Matlab [6].

Система Matlab специально создана для проведения именно инженерных расчетов и имеет свойственные ей особенности при моделировании ЭЭК:

- математический аппарат, который используется в Matlab, предельно приближен к современному математическому аппарату инженера и ученого и опирается на вычисления с матрицами, векторами и комплексными числами;
- Matlab является открытой системой, это означает, что практически все процедуры и функции доступны не только для использования, но и для корректировки и модифицирования;

- при моделировании с использованием приложения Simulink пользователю не нужно досконально изучать язык программирования и численные методы математики, а достаточно общих знаний требующихся при работе на компьютере и, естественно, знаний той предметной области, в которой он работает;

- библиотека блоков SimPowerSystems уже содержит набор блоков для имитационного моделирования электротехнических устройств, что значительно упрощает моделирование сложных ЭЭК.

Пакет Simulink позволяет осуществлять исследование (моделирование во времени) поведения динамических линейных и нелинейных систем, причем составление «программы» и ввод характеристик систем можно производить в диалоговом режиме, путем сборки на экране схемы элементарных (стандартных или пользовательских) звеньев. В результате такой сборки получается модель системы (называемая S-моделью), которая сохраняется в файле с расширением \*.mdl. Такой процесс составления вычислительных программ принято называть визуальным программированием.

S-модель может иметь иерархическую структуру, то есть состоять из моделей более низкого уровня, причем количество уровней иерархии практически не ограничено. В процессе моделирования есть возможность наблюдать за процессами, которые происходят в системе. Для этого используются специальные блоки («обзорные окна»), входящие в состав библиотеки Simulink. Библиотека может быть пополнена пользователем за счет разработки собственных блоков.

Создание моделей в пакете Simulink основывается на использовании технологии Drag-and-Drop (шаг за шагом). В качестве «кирпичиков» при построении S-модели применяются визуальные блоки (модули), которые сохраняются в библиотеках Simulink.

Библиотека блоков Simulink – это набор визуальных объектов, при использовании которых, соединяя отдельные блоки между собой линиями связей, можно составлять функциональную блок-схему любого устройства.

Сборка блок-схемы S-модели заключается в том, что графические изображения выбранных блоков с помощью мыши перетягиваются из окна раздела библиотеки в окно блок-схемы, а затем выходы одних блоков в окне блок-схемы соединяются с входами других блоков (также с помощью мыши).

При математическом моделировании переходных процессов в электрических системах, содержащих много электромашинных агрегатов, а также преобразователей и потребителей энергии, очень важно, чтобы схема моделирования отражала бы структуру исследуемого объекта, были бы видны внутренние связи, четко бы выделялись агрегаты исследуемой системы, такие как отдельные генераторы, двигатели, преобразователи, датчики, регуляторы и т.п., четко воспроизводилась бы такая отличительная особенность ЭЭК ВС как возможность изменения и его структуры, и состава элементов при его функционирования. При таком моделировании необходимо обеспечить возможность варьирования любых параметров системы, возможность изменения структуры системы по ходу решения (отключение отдельных элементов, короткие замыкания в сети и т.п.), в также возможность упрощать модель, заменяя мало влияющие на процессы элементы простыми функциональными звеньями.

При помощи средств имитационного моделирования пакета Matlab и элементов библиотеки SimPowerSystem, в качестве примера ЭЭК ВС, была рассмотрена система электроснабжения самолета, приведенная на рис. 1, на основании которой разработана имитационная модель двухканальной системы генерирования электроэнергии постоянного тока самолета, которая приведена на рис. 2.

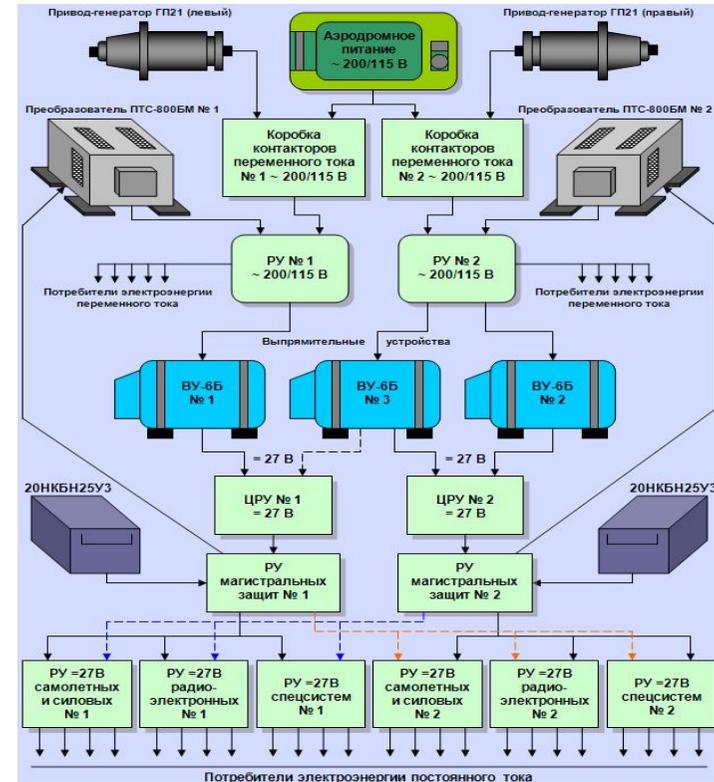


Рис. 1. Функциональная схема системы электроснабжения самолета

В состав каждого канала генерирования входят следующие элементы: источник электроэнергии (синхронный генератор); выпрямительное устройство ВУ-6Б; дифференциальное минимальное реле ДМР-200ВУ; основные шины 27 В «левого» и «правого» каналов; нагрузка различного типа (активная, активно-индуктивная, динамическая); аварийные шины «левого» и «правого» каналов с моделями потребителей первой категории; аккумуляторные батареи 20НКБН-25-У3.

Особенностями имитационной модели являются:

- наглядность схемы ЭЭК для инженера-исследователя, в которой имитационная модель соответствует структурной схеме системы электроснабжения маневренного самолета, начиная от источника электроэнергии – генератора переменного тока, заканчивая различным рода потребителями электроэнергии;

имитационная модель состоит из основных элементов ЭЭК, созданных также при помощи элементов библиотеки SimPowerSystem и позволяет изменять их характеристики;

- имитационная модель позволяет легко изменять структуру ЭЭК, в зависимости от целей исследований, добавляя новые элементы, изменяя параметры подключенных элементов;

- среда моделирования позволяет проводить исследование имитационной модели на влияние различных внешних факторов, максимально приближенных к реальному функционированию ЭЭК;

- среда моделирования позволяет вывести необходимые параметры модели визуально, подключив графопостроитель или осциллограф, или получив количественные значения на цифровых приборах и др.

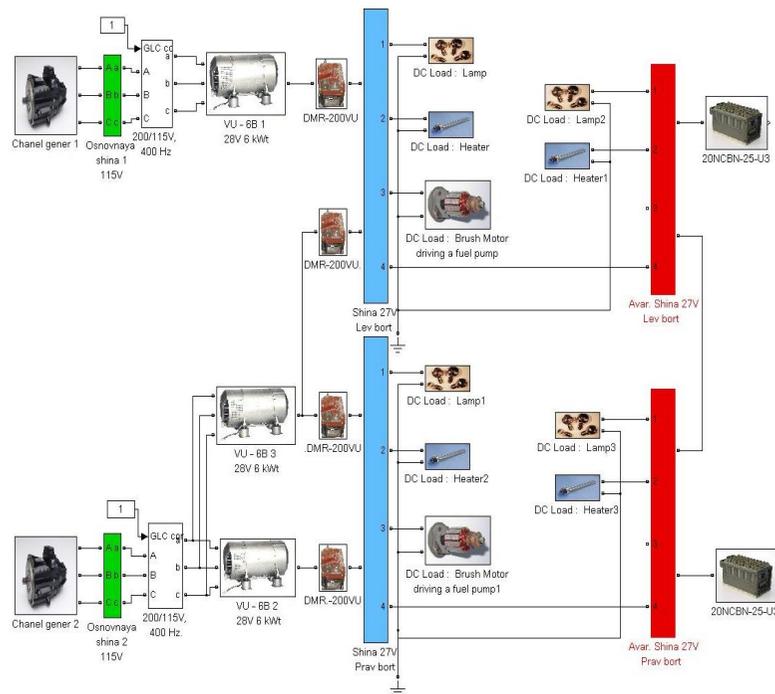


Рис. 2. Имитационная модель системы электроснабжения постоянного тока самолета

Таким образом, представленные возможности программы Simulink с блоками SimPowerSystems позволяют создавать имитационные модели ЭЭК, которые будут намного превосходить по техническим и экономическим возможностям реальные физические установки. Полученный опыт исследования можно применить для моделирования других устройств и систем ЭЭК ВС.

#### Библиографический список

1. Моделирование сложных электроэнергетических систем летательных аппаратов: монография / С.П. Халютин, М.Л. Тюляев, Б.В. Жмуров, И.Е. Старостин – М.: ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2010. – 188 с.

2. Лазарев, Ю.Ф. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс / Ю.Ф. Лазарев – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005. – 512 с.

3. Бочаров А.С., Марюхин Д.В. Моделирование и исследование авиационных электрических машин в пакете расширения Sim Power Systems программы Matlab. Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2012): сб. ст. II международной заочной научно-практической конференции. Ч. 1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2012. – С. 209 – 214.

4. Бочаров А.С., Исаев Б.З., Северухин В.А. Повышение эксплуатационных характеристик авиационных электрических машин различных типов за счет применения программы объектно-ориентированного моделирования. Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях: сб. статей II международной заочной научно-технической конференции. / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2014. – С. 44 – 49.

5. Бочаров А.С., Северухин В.А., Шурупов В.В., Царев П.В. Влияние качества электрической энергии на характеристики информационно-измерительного комплекса самолета. Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях: сб. статей II международной заочной научно-технической конференции. / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2014. – С. 50 – 57.

6. Дьяконов В.П. Simulink: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 782 с.

© Бочаров А. С., Царев П. В., Шурупов В. В., 2015

УДК 629.7.064

**А. С. Бочаров\****\*Бочаров Александр Сергеевич, к.т.н., доцент**Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. проф.**Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж*

bocharov\_a\_s@mail.ru

**И. Ф. Шабанов\****\*Шабанов Игорь Федорович, инженер**Войсковая часть 41520, г. Иваново*

bocharov\_a\_s@mail.ru

**К. А. Губанов\****\*Губанов Кирилл Андреевич, курсант**Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. проф.**Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж*

bocharov\_a\_s@mail.ru

### ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА САМОЛЕТА С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА МОДЕЛИРОВАНИЯ SIMULINK

*Ключевые слова:* электрогидравлический привод, электрогидроусилитель, система управления, simulink, имитационная модель.

*В статье рассматриваются возможности пакета имитационного блочного проектирования Simulink для моделирования и анализа электрогидропривода в системе электродистанционного управления современных самолетов. Приведенная схема модели электрогидропривода позволяет учесть основные факторы, необходимые для качественного анализа динамических свойств привода в системе управления.*

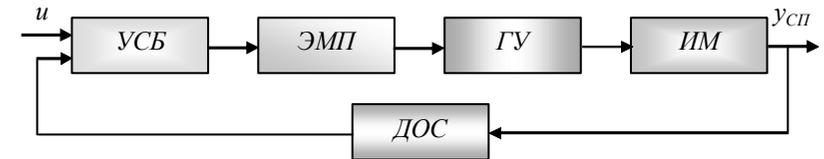
Широкое использование электрогидравлических приводов (ЭГП) в качестве исполнительных механизмов систем автоматического управления и систем автоматизации штурвального управления современных ЛА обусловлено расширением функций этих систем, а также применением электродистанционных передач. С одной стороны, это объясняется преимуществами ЭГП по точности и быстродействию, по плавности и устойчивости движения, по простоте конструкции, надежности и сроку службы, по массогабаритным показателям; а с другой – требованиями по характеристикам надежности и безопасности, предъявляемыми к системам автоматического управления ЛА и возможностью их наиболее простой реализации с помощью ЭГП.

Конструктивные и схемные особенности электрогидравлических следящих приводов систем управления рулевыми поверхностями ЛА определяются следующими обстоятельствами [1]: взаимодействием ЭГП с рулевой поверхностью и рычагом управления летчиков; способом и уровнем резервирования ЭГП; функциями, выполняемыми приводом в составе системы управления; условиями эксплуатации привода, отражающими внешние воздействия на при-

вод и характеристики систем энергоснабжения; технологией производства, применением стандартных и унифицированных узлов.

Электрогидравлические приводы с непрерывным регулированием, обеспечивающие непрерывное изменение своих выходных параметров при изменении входного управляющего сигнала, наиболее широко распространены в системах управления рулевыми поверхностями самолетов. Простота и надежность, точность и быстродействие таких приводов в полной мере удовлетворяют предъявляемым требованиям.

На рис. 1 представлена типовая структурная схема ЭГП с непрерывным регулированием. Данный привод состоит из усилительно-суммирующего блока (УСБ), электрогидромеханического преобразователя (ЭМП), гидроусилителя (ГУ) и исполнительного механизма (ИМ) с датчиком обратной связи (ДОС). Входным управляющим сигналом привода  $u$  является электрический сигнал постоянного или переменного тока. Выходной сигнал привода  $u_{СП}$  представляет собой поступательное или вращательное механическое перемещение.

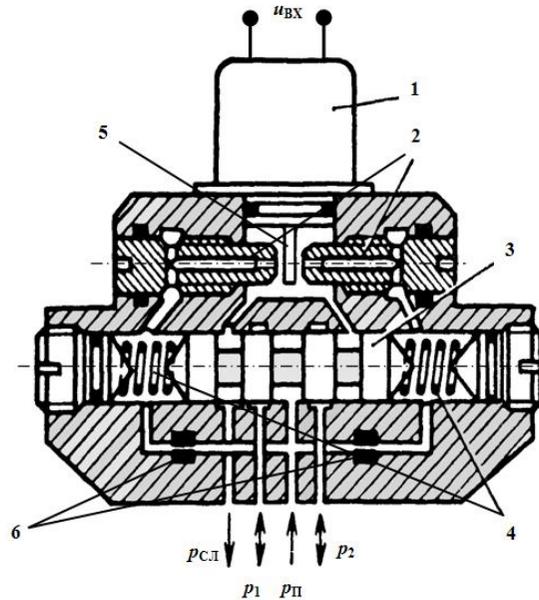


**Рис. 1.** Структурная схема ЭГП с непрерывным управлением

Из множества известных схем и конструкций ЭМП и ГУ в самолетных ЭГП нашли применение электрогидравлические усилители (ЭГУ), включающие в себя поляризованный электромагнитный преобразователь и гидроусилитель типа «сопло-заслонка» (рис. 2).

Схему данного электрогидравлического усилителя можно представить в виде симметричного гидравлического моста, плечами которого являются два постоянных гидравлических сопротивления (балансные дроссели 6) и два регулируемых гидравлических сопротивления (сопел 2 с подвижной заслонкой 5). В диагонали моста находится подвижный золотник 3). От источника гидроснабжения к ЭГУ подводится рабочая жидкость с давлением  $p_1$ .

Электрический сигнал управления  $u_{ВХ}$  небольшой мощности преобразуется электромагнитным преобразователем 1 в перемещение заслонки 5. Пусть при этом заслонка переместилась в сторону прикрытия левого сопла. При этом гидравлическое сопротивление этого сопла и давление в нем увеличиваются, а в правом сопле уменьшаются. Образовавшийся перепад давлений в диагонали гидравлического моста, деформируя пружины 4, перемещает золотник 3 слева направо. Перемещение золотника 3 вызывает открытие дросселирующих окон, через которые потоки рабочей жидкости с давлениями  $p_1, p_2$  ( $p_1 > p_2$ ) поступают на исполнительный гидроцилиндр (на рисунке не показан).



1 – электромагнитный преобразователь; 2 – сопла; 3 – золотник; 4 – синхронизирующие пружины; 5 – заслонка; 6 – балансные дроссели

Рис. 2. Электрогидравлический усилитель

При нулевом управляющем сигнале  $u_{BX}$  заслонка 5, и, соответственно, золотник 3 занимают среднее положение. При этом гидравлический мост сбалансирован, давления  $p_1$ ,  $p_2$  равны.

Избытки рабочей жидкости с давлением  $p_{сл}$  поступают в сливную магистраль.

Изменение направления движения золотника 3 достигается сменой знака управляющего сигнала  $u_{BX}$  на противоположный.

В зависимости от величины требуемой выходной мощности привод может иметь двух- или трехкаскадное гидравлическое усиление входного управляющего электрического сигнала.

В классической теории систем автоматического управления для анализа динамики авиационного электропривода составляется математическая модель объекта управления, которая затем исследуется различными методами анализа, например построением частотных характеристик, методами оптимального управления или др., которые относятся к математическим.

Другими методами инженерного анализа элементов и систем автоматического управления являются методы имитационного компьютерного моделирования с помощью пакетов прикладных программ визуального блочного имитационного моделирования, таких как Matlab&Simulink [2]. Эта программа спе-

циально создана для проведения именно инженерных расчетов: математический аппарат, который используется в ней, предельно приближен к современному математическому аппарату инженера и ученого. Возможности моделирования и исследования некоторых электроэнергетических систем с помощью пакета simulink приведены в [3, 4].

Применим возможности программы Simulink для синтеза и анализа имитационной модели электрогидравлического привода. При этом необходимо учесть следующие основные допущения при составлении модели [5]. Так не будем учитывать: противоЭДС, возникающей в обмотке управления ЭМП; влияние гидродинамических сил на якорь (заслонку) ЭМП; объемы торцевых полостей золотника ГУ; утечки и перетечки рабочей жидкости по поршню гидродвигателя.

Основываясь на приведенных допущениях, опишем динамику ЭГП [5].

Уравнение электронного усилителя с отрицательной обратной связью описывается

$$U = K_{yc}(U_{BX} - K_{oc}Y), \quad (1)$$

где  $U$  – напряжение на выходе электронного усилителя;  $K_{yc}$  – коэффициент усиления электронного усилителя;  $K_{oc}$  – коэффициент передачи электрической обратной связи;  $U_{BX}$  – входное напряжение;  $Y$  – перемещение поршня гидродвигателя.

Уравнение электрического равновесия обмотки управления:

$$L \frac{dI}{dt} + R_a I = U - K_w \frac{d\varphi_y}{dt}, \quad (2)$$

где  $L$  – индуктивность обмотки управления;  $R_a$  – активное сопротивление обмотки управления;  $I$  – ток в обмотке управления;  $K_w$  – коэффициент, учитывающий влияние противо-ЭДС, с учетом допущений  $K_w \cong 0$ ;  $\varphi_y$  – угол поворота якоря ЭПМ.

Уравнение движения якоря ЭМП:

$$J_y \frac{d^2\varphi_y}{dt^2} + h_y \frac{d\varphi_y}{dt} + (K_{M\phi} + K_{CT})\varphi_y = K_{MI}I - K_{M\phi}p_y - K_{MOC}X, \quad (3)$$

где  $J_y$  – момент инерции якоря относительно оси его вращения;  $h_y$  – коэффициент вязкого трения якоря;  $K_{M\phi}$  и  $K_{MI}$  – коэффициенты внешней моментной характеристики ЭМП;  $K_{CT} = K_{MOC} \cdot l_{OC}$  – коэффициент пропорциональности;  $K_{MOC} = (3E_{CT} \cdot J_{CT} \cdot l_{OC}) / l_{CT}^3$  – коэффициент обратной связи по перемещению золотника;  $E_{CT}$  – модуль упругости консольной пружины якоря;  $J_{CT}$  – момент инерции сечения консольной пружины якоря относительно главной центральной оси, перпендикулярной плоскости изгибающей силы;  $l_{OC}$  – расстояние от оси поворота золотника (якоря) до оси золотника;  $l_{CT}$  – расстояние от оси сопел до оси золотника;  $X$  – перемещение золотника ЭГУ;

$K_{Mpy}$  – коэффициент, учитывающий влияние гидродинамических сил на заслонку, с учетом допущений  $K_{Mpy} \cong 0$ ;  $p_Y$  – перепад давлений на торцах золотника (давление управления).

Линеаризованное уравнение расходов ЭГУ:

$$\frac{V_Y}{2B} \frac{dp_Y}{dt} + K_{Q_Y p_Y} p_Y = K_{Q_Y \varphi} \varphi_Y - F_3 \frac{dX}{dt}, \quad (4)$$

где  $K_{Q_Y p_Y}$  и  $K_{Q_Y \varphi}$  – коэффициенты линеаризации расходно-перепадной характеристики элемента типа сопло-заслонка;  $F_3$  – площадь торца золотника;  $V_Y$  – средний объем торцевых полостей золотника ЭГУ, с учетом допущений  $V_Y \cong 0$ ;  $B$  – модуль объемной упругости рабочей жидкости.

Уравнение движения управляющего золотника ЭГУ:

$$m_3 \frac{d^2 X}{dt^2} + h_3 \frac{dX}{dt} + C_3 \cdot X = F_3 p_Y, \quad (5)$$

где  $m_3$  – масса золотника;  $h_3$  – коэффициент вязкого трения золотника о гильзу золотника;  $C_3$  – жесткость консоли пружины якоря, соединенной с золотником, плюс жесткость гидродинамической пружины.

Уравнение расходов гидравлического исполнительного механизма:

$$\frac{V}{2B} \frac{dp}{dt} + \left( K_{Qp} + K_{\Pi} + \frac{K_{YT}}{2} \right) p = K_{QX} f(X) - F \frac{dY}{dt}, \quad (6)$$

где  $V$  – средний объем полостей гидроцилиндра;  $K_{Qp}$  и  $K_{QX}$  – коэффициенты линеаризации расходно-перепадной характеристики золотника;  $F$  – рабочая площадь поршня;  $p$  – перепад давлений на поршне;

$$f(X) = \begin{cases} X, & -b \leq X \leq b; \\ b, & X > b; \\ -b, & X < -b; \end{cases}, \quad b \text{ – ширина рабочих окон золотника; } K_{\Pi} \text{ – коэффициент}$$

перетечек, учитывающий перетечки рабочей жидкости по поршню гидродвигателя;  $K_{YT}$  – коэффициент утечек, учитывающий утечки жидкости из полостей гидроцилиндра, с учетом допущений  $K_{\Pi} = K_{YT} \cong 0$ .

Уравнение движения поршня гидродвигателя:

$$M \frac{d^2 Y}{dt^2} + h \frac{dY}{dt} + C_H Y = Fp, \quad (7)$$

где  $M$  – приведенная масса нагрузки;  $h$  – коэффициент вязкого трения поршня;  $C_H$  – жесткость пружины нагрузки.

Приведенным выше уравнениям (1 – 7), описывающим динамику ЭГП, соответствует имитационная модель ЭГП в программе Simulink, приведенная на рис. 3. Значения коэффициентов модели приведены в [5, стр. 275 – 277]. Передаточные функции и их параметры, приведенные в структурной схеме, следующие:

$$W_1 = \frac{K_{IU} K_{MI}}{T_{\ominus} s + 1}; W_2 = \frac{K_{\phi M}}{T_{\text{Я}}^2 s^2 + 2\xi_{\text{Я}} T_{\text{Я}} s + 1}; W_3 = \frac{K_{Xp_Y}}{T_3^2 s^2 + 2\xi_3 T_3 s + 1};$$

$$W_4 = \frac{K_r}{T_r s + 1}; W_5 = \frac{K_{Yp}}{T_H^2 s^2 + 2\xi_H T_H s + 1},$$

где

$$K_{IU} = \frac{1}{R_a}; K_{\phi M} = \frac{1}{T_r s + 1}; K_{rY} = \frac{1}{K_{Q_Y p_Y}}; K_{Xp_Y} = \frac{F_3}{C_3}; K_r = \frac{1}{K_{Qp}}; K_{Yp} = \frac{F}{C_H};$$

$$T_{\ominus} = \frac{L}{R_a}; \tau_r = F;$$

$$\tau_{rY} = F_3; T_{\text{Я}}^2 = \frac{J_{\text{Я}}}{K_{M\phi} + K_{CT}}; T_H^2 = \frac{M}{C_H}; 2\xi_{\text{Я}} T_{\text{Я}} = \frac{h_{\text{Я}}}{K_{M\phi} + K_{CT}}; 2\xi_3 T_3 = \frac{h_3}{C_3};$$

$$2\xi_H T_H = \frac{h}{C_H}.$$

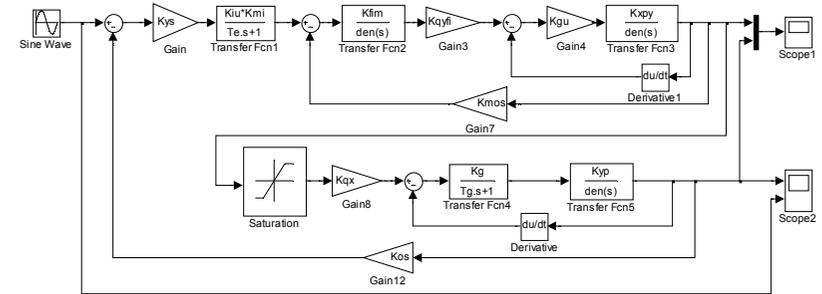


Рис. 3. Имитационная модель электрогидравлического привода

Одни из результатов моделирования приведены на рис. 4 – значения параметров  $X(t)$  и  $Y(t)$  при подаче на вход системы синусоидального входного сигнала.

Таким образом, данная модель ЭГП реализована в среде имитационного моделирования пакета Simulink и позволяет проводить различные исследования, используя преимущества компьютерного моделирования.

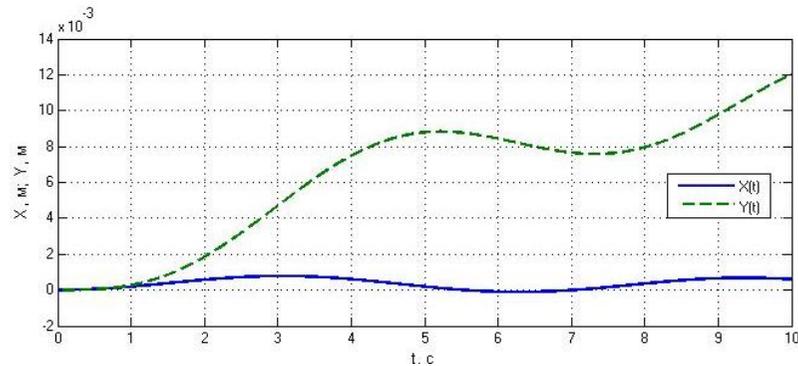


Рис. 4. Параметры  $X(t)$  и  $Y(t)$  при подаче на вход системы синусоидального входного сигнала

#### Библиографический список

- Кулифеев Ю.Б., Грозов О.Б., Подосиновиков Е.М. Электрифицированное оборудование летательных аппаратов. Учебник. – М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2005. – 416 с.
2. Дьяконов В.П. Simulink: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 782 с.
3. Матричные методы расчета и проектирования сложных систем автоматического управления для инженеров / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 664 с.
4. Бочаров А.С., Марюхин Д.В. Моделирование и исследование авиационных электрических машин в пакете расширения Sim Power Systems программы Matlab. Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2012): сб. ст. II международной заочной научно-практической конференции. Ч. 1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2012. – С. 209 – 214.
5. Бочаров А. С., Исаев Б. З., Северухин В. А. Повышение эксплуатационных характеристик авиационных электрических машин различных типов за счет применения программы объектно-ориентированного моделирования. Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях: сб. статей II международной заочной научно-технической конференции. / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2014. – С. 44 – 49.

© Бочаров А. С., Шабанов И. Ф., Губанов К. А., 2015

УДК 004.421.2+519.673

П. Ю. Бранцевич\*

\*Бранцевич Петр Юльевич, к.т.н., доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

branc@bsuir.edu.by; branc@tut.by

### МОДЕЛИ ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ МЕХАНИЗМОВ С ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА

Ключевые слова: вибрация, сигнал, амплитуда, фаза, частота, модель.

Рассматриваются математические модели вибрационных сигналов, в которых амплитуды, частоты, начальные фазы гармонических составляющих изменяются функциональными зависимостями, подобным реальным, наблюдаемым при изменении частоты вращения ротора и прохождении при этом собственных частот, что позволяет синтезировать сигналы, которые по форме близки к реальным.

При разработке и исследовании методов анализа вибрационных сигналов возникает потребность создания моделей изучаемых явлений, а именно, моделей сигналов, соответствующих реальным вибрационным процессам.

Анализируя вибрационные сигналы, полученные при исследовании подшипниковых опор механизмов и агрегатов, можно заметить, что по структуре они содержат периодическую и шумоподобную составляющие [1-3]. Пример такого сигнала в единицах виброускорения ( $m/c^2$ ) для подшипниковой опоры генератора показан на рис. 1.

Особый интерес представляют модели вибрационных процессов, наблюдаемые на подшипниковых опорах при пусках или остановах технических объектов. При изменении частоты вращения вала или ротора могут проходить их собственные частоты и происходить вибрационное возбуждение подшипниковых опор на этих частотах.

С учетом данных обстоятельств, предлагается вычислять реализацию моделируемого сигнала в соответствии с выражением:

$$x(n) = p(n) + \sum_{i=1}^M A_i(n) \cos \left[ \frac{2\pi f_i(n) \cdot n}{N} + \varphi_i(n) \right],$$

где  $n$  – номер дискретного отсчета,  $n=0,1,2, \dots$ ;  $p(n)$  – функция, которая имитирует наводки, помехи, дрейфы;  $A_i(n)$ ,  $f_i(n)$ ,  $\varphi_i(n)$  – функции, определяющие изменение амплитуды, частоты, начальной фазы (в радианах)  $i$ -ой гармоники формируемого сигнала;  $M$  – число гармоник сигнала;  $N$  – число дискретных точек на временном интервале в одну секунду.



**Рис. 1.** Временные реализации и амплитудные спектры вибрационных сигналов, возбуждаемых подшипниковой опорой турбоагрегата

Параметры амплитуд, частот, начальных фаз для отдельных гармоник могут описываться следующими функциональными зависимостями:

$$A_i(n) = A_{i0}; \quad A_i(n) = A_{i0} + C_i \sin\left(\frac{2\pi n}{M_i}\right); \quad A_i(n) = A_{i0} + \alpha_i \cdot n;$$

$$f_i(n) = f_{i0}; \quad f_i(n) = f_{i0} - \alpha_i \cdot n; \quad f_i(n) = f_{i0} \cdot \exp\left(-\frac{n}{L_i}\right);$$

$$f_i(n) = f_{i0} \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{n}{L_i}\right)\right); \quad f_i(n) = f_{i0} + F_i \sin\left(\frac{2\pi n}{M_i}\right);$$

$$\varphi_i(n) = \varphi_{i0}; \quad \varphi_i(n) = \varphi_{i0} - \alpha_i \cdot n; \quad \varphi_i(n) = \varphi_{i0} \cdot \exp\left(-\frac{n}{L_i}\right);$$

$$\varphi_i(n) = \varphi_{i0} \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{n}{L_i}\right)\right); \quad \varphi_i(n) = \varphi_{i0} + \Phi_i \sin\left(\frac{2\pi n}{M_i}\right).$$

В приведенных выражениях:

$A_{i0}$ ,  $f_{i0}$ ,  $\varphi_{i0}$  – это значения амплитуды, частоты и начальной фазы  $i$ -ой гармоники;

$C_i$ ,  $F_i$ ,  $\Phi_i$  – значения переменных, определяющих величину изменения амплитуды, частоты, начальной фазы  $i$ -ой гармоники.

$\alpha_i$  – значение переменной, задающей шаг изменения амплитуды, частоты, начальной фазы  $i$ -ой гармоники (обычно  $\alpha_i$  по абсолютной величине значительно меньше  $A_{i0}$ ,  $f_{i0}$ ,  $\varphi_{i0}$ );

$M_i$ ,  $L_i$  – целочисленные константы, обычно их значения значительно больше  $N$ .

Функция, имитирующая наводки, помехи, дрейфы, может быть задана в виде одной из следующих функциональных зависимостей:

$$p(n) = p_0; \quad p(n) = \alpha \cdot n; \quad p(n) = S \cdot \exp\left(-\frac{n}{L}\right);$$

$$p(n) = \left(1 - S \cdot \exp\left(-\frac{n}{L}\right)\right); \quad p(n) = T \cos\left(\frac{2\pi n}{M}\right); \quad p(n) = Z \cdot \xi(n),$$

где  $p_0$  – значение переменной, определяющей уровень постоянного смещения, формируемого сигнала;

$\alpha$  – значение переменной, задающей шаг линейного изменения уровня формируемого сигнала;

$S$ ,  $T$ ,  $Z$  – значения переменных, используемых в разных функциональных зависимостях, определяющих характер изменения моделируемого сигнала.

$\xi(n)$  – последовательность случайных чисел в диапазоне от минус единицы, до плюс единицы.

При прохождении собственных частот амплитуда и начальная фаза гармоники вибрационного сигнала, у которой изменяется частота, являются функциями частоты.

Для моделирования изменения амплитуды и начальной фазы  $i$ -ой гармоники вибрационного сигнала при изменении её частоты, и прохождении при этом собственной частоты, использованы следующие формулы [6]:

$$A_{si}(n) = A_i(n) \sum_{j=1}^k \left[ \frac{\sqrt{1 + (2D_j)^2 \cdot \left(\frac{f_i(n)}{f_{sj}}\right)^2}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f_i(n)}{f_{sj}}\right)^2\right]^2 + \left(2D_j \frac{f_i(n)}{f_{sj}}\right)^2}} \right],$$

$$\varphi_{si}(n) = \varphi_i(n) + \sum_{j=1}^k \left[ \frac{2D_j \frac{f_i(n)}{f_{sj}}}{1 - \left(\frac{f_i(n)}{f_{sj}}\right)^2} \right],$$

где  $j$  – номер собственной частоты;  $D_j$  – параметр демпфирования на  $j$ -ой собственной частоте (обычно значительно меньше единицы);  $f_{sj}$  – значение  $j$ -ой собственной частоты;  $A_i(n)$ ,  $f_i(n)$ ,  $\varphi_i(n)$  – функции, определяющие закон изменения амплитуды, частоты, начальной фазы гармоники без учета собственных частот;  $A_{si}(n)$ ,  $\varphi_{si}(n)$  – функции, определяющие закон изменения амплитуды и начальной фазы гармоники с учетом собственных частот.

Разработано программное средство для моделирования рассматриваемых вибросигналов [7]. Для каждой гармоники формируемого сигнала пользователь может выбрать типы функций (константа, линейное, экспоненциальное или косинусоидальное изменение) и задать их параметры.

Имеется возможность задать функциональные зависимости для амплитуды и начальной фазы, одним из параметров которых является частота сигнала, что позволяет моделировать вибрационные сигналы для роторных механизмов при прохождении ими собственных частот на этапах пуска и выбега.

На рисунках 2-3 показаны примеры смоделированных вибрационных сигналов.

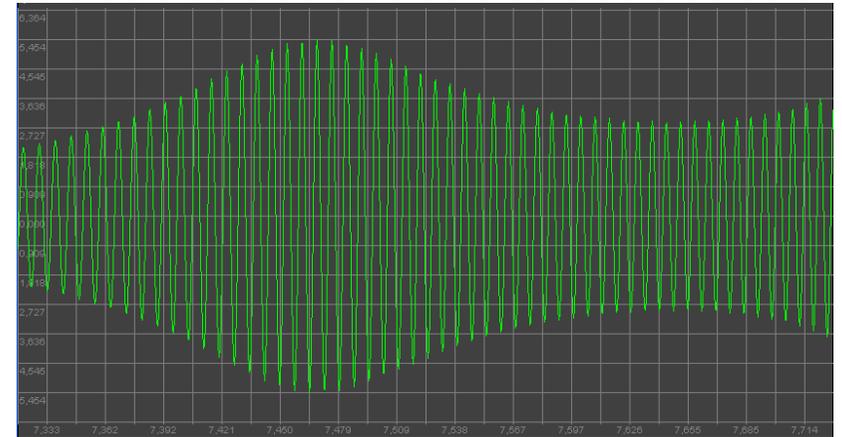


Рис. 2. Временная реализация модели вибрационного сигнала с изменяющейся частотой при прохождении собственной частоты

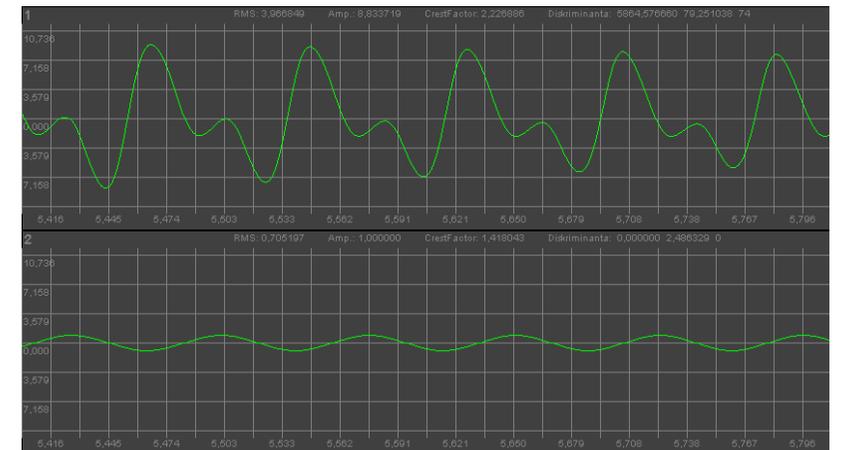
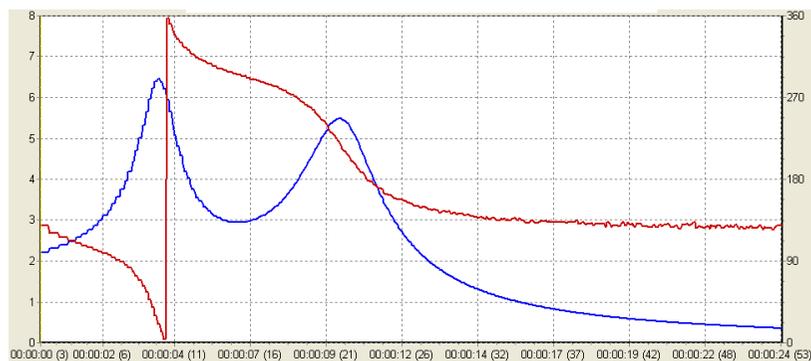


Рис. 3. Временная реализация модели вибрационного сигнала с изменяющейся частотой, состоящего из двух гармоник (верхний график), и сигнал отражающий изменение частоты первой гармоники (нижний график)

Моделируя вибрационный сигнал оборотной составляющей при пуске или останове агрегата, следует учитывать, что характер изменения амплитуды, частоты и фазы обусловлен разными факторами. Изменение частоты сигнала обуславливается изменением частоты вращения ротора, а изменение амплиту-

ды и фазы определяется механическими свойствами конструкции объекта контроля.

Параллельно с формированием модельного вибрационного сигнала целесообразно формировать и модельный сигнал от датчика фазовой метки. Моделировать фазовый сигнал можно гармоникой с изменяющейся частотой и постоянной амплитудой, а изменение частоты должно быть таким же, как и у первой оборотной составляющей вибрационного сигнала (см. рис. 3). Моменты формирования сигнала фазовой метки будут соответствовать тем моментам, когда моделируемый фазовый сигнал проходит нулевое значение и меняет свой знак с минуса на плюс, что соответствует обороту ротора или, когда моделируемый фазовый сигнал проходит какое-то заданное значение изменяя свою величину в большую или меньшую сторону. Применение датчика фазовой метки позволяет оценить изменение частоты вращения вала контролируемого агрегата и определить параметры частоты гармонического сигнала первой оборотной составляющей. Результаты обработки сформированного модельного вибросигнала, подобного изображенному на рис.2, показаны на рис. 4.



**Рис. 4.** Изменение амплитуды и начальной фазы первой оборотной гармоники в зависимости от частоты вращения ротора при моделировании вибросигнала

При исследовании вибрационного состояния механизмов, работающих в нестационарных режимах с точки зрения частоты вращения ротора, наибольший интерес представляют модели вибрационных сигналов, имитирующие изменение амплитуды вибрационных колебаний при прохождении собственных частот. Предложенный способ позволяет формировать такие вибросигналы.

#### Библиографический список

1. Бранцевич П. Ю. Способ анализа вибрационных сигналов при исследовании технического состояния механизмов / П.Ю. Бранцевич // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2012) : сб. ст. II ме-

ждународной заочной научно-технической конференции. – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2012. – Ч. 1, –с. 244 – 250.

2. Бранцевич П. Ю. Методика исследования вибросигналов при анализе причин изменения вибрационного состояния энергоагрегата / П.Ю. Бранцевич // Topical areas of fundamental and applied research: Proceedings of the Conference. North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2013. , –Vol. 1, –pp. 111-116.

3. Бранцевич П. Ю. Модели вибрационных сигналов / П.Ю. Бранцевич // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013): сб. статей III международной научно-технической конференции. – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2013. – с. 31–37

4. Бранцевич П.Ю. Применение разложения вибрационных сигналов на периодическую и шумоподобную составляющие при исследовании технического состояния механизмов с вращательным движением / П.Ю. Бранцевич, В.Э. Базаревский, С.Ф. Костюк // Механика 2011: сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теорет. и прикладной механике, Минск, 26–28 окт. 2011 г.: в 2 т. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси. – Минск, 2011. – Т. II. – с. 27–31.

5. Бранцевич П.Ю. Применение примеров решений задач вибродиагностики при изучении алгоритмов цифровой обработки сигналов / П.Ю. Бранцевич, В.Э. Базаревский // Исследования наукограда. – 2013. – № 1 (3). – с.49–55.

6. Исакович М.М. Устранение вибрации электрических машин / М.М. Исакович, Л.И. Клейман, Б.Х. Перчанок. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1979. – 276 с.

7. Бранцевич П.Ю. Интернет-ресурсы, ориентированные на изучении вопросов цифровой обработки сигналов / П.Ю. Бранцевич, Е.Н. Базылев, В. Э. Базаревский, Вл. Э. Базаревский, Е.П. Цховребов // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития : материалы VII Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 10-21 ноября 2014 г. – Минск: БГУИР, 2014, – с.125-126

© Бранцевич П. Ю., 2015

УДК 004.08

**С. С. Бровка\****\*Бровка Сергей Сергеевич, студент**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
help@cyber01.ru***С. В. Поликарпов\****\*Поликарпов Сергей Витальевич, к.т.н, доцент**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
polikarpovsv@gmail.com*

## КОНТЕЙНЕРНАЯ СИСТЕМА DOCKER КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

*Ключевые слова: контейнеры, обучение, информационные технологии, linux, виртуализация.*

*Рассмотрена контейнерная система Docker, а также ее возможное применение в процессе обучения.*

Docker – open source система, автоматизирующая развертывание приложений в легковесные, переносимые, самодостаточные контейнеры, которые могут без изменений переноситься между серверами. С помощью docker вы можете отделить ваше приложение от вашей инфраструктуры и обращаться с инфраструктурой как управляемым приложением. Тот же самый контейнер, который разработчик создает и тестирует на ноутбуке, может быть легко перенесен на сервер или куда-либо еще. [5]

В своем ядре docker позволяет запускать практически любое приложение, безопасно изолированное в контейнере. Безопасная изоляция позволяет вам запускать на одном компьютере много контейнеров одновременно. Легковесная природа контейнера, который запускается без дополнительной нагрузки гипервизора, позволяет вам добиваться больше от вашего компьютера. [4]

Система docker может быть развернута за 5 минут на любом компьютере с установленной операционной системой Linux. Для установки достаточно выполнить несколько обычных для любой Linux системы команд.

Как это применимо к процессу обучения? Можно использовать контейнеры docker, например, для занятий информатикой и программированием в школах и институтах. Благодаря архитектуре docker (о которой будет рассказано ниже) можно запустить множество изолированных приложений в отдельных контейнерах, независимо от самого приложения.

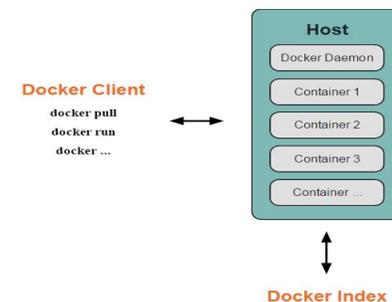
Контейнеры docker переносимы, так, студент может разрабатывать какое-либо приложение (в качестве лабораторной или иной работы) у себя на компьютере, в контейнере docker, а после чего просто развернуть этот же контейнер на компьютере преподавателя, не затрачивая времени на подготовку программного обеспечения.

Контейнерная структура позволяет работать со многими приложениями и языками программирования не вызывая конфликта между ними, например как

это происходит с взаимоисключающими версиями одного языка программирования. [3]

Контейнеры docker легковесны, что позволяет запускать множество контейнеров, количество которых зависит только от технических характеристик компьютера, на котором они запускаются.

*Архитектура Docker*



*Рис 1. Архитектура системы Docker*

Docker использует архитектуру клиент-сервер. Docker клиент общается с сервисом Docker, который берет на себя всю работу по созданию, запуску, распределению ваших контейнеров. Клиент и сервер могут работать на одной системе, также можно подключить клиент к удаленному сервису docker.

Docker-сервис, как показано на рисунке 1 запускается на компьютере, где будут развернуты сами контейнеры. Пользователь не взаимодействует с сервером напрямую, а использует для этого клиент.

Docker-клиент, программа docker — главный интерфейс к Docker. Она получает команды от пользователя и взаимодействует с docker-сервисом.

Docker-образ - это шаблон с приложением. Образы используются для создания контейнеров. Docker позволяет легко создавать новые образы, обновлять существующие, или скачать образы созданные другими людьми.

Docker образы могут создаваться из этих базовых образов, шаги описания для создания этих образов мы называем инструкциями. Каждая инструкция создает новый образ или уровень. Инструкциями будут следующие действия: запуск команды

- добавление файла или директории
- создание переменной окружения
- указания что запускать когда запускается контейнер этого образа

Контейнеры похожи на директории. В контейнерах содержится все, что нужно для работы приложения. Каждый контейнер создается из образа. Контейнеры могут быть созданы, запущены, остановлены, перенесены или удалены. Каждый контейнер изолирован и является безопасной платформой для приложения. [1,4]

Контейнер состоит из операционной системы, пользовательских файлов и метаданных. Каждый контейнер создается из образа. Этот образ говорит docker-у, что находится в контейнере, какой процесс запустить, когда запускается контейнер и другие конфигурационные данные. Docker образ доступен только для чтения. Когда docker запускает контейнер, он создает уровень для чтения/записи сверху образа (используя union file system, как было указано раньше), в котором может быть запущено приложение.

Docker – реестры: система хранит созданные вами образы в реестрах. Существует два типа реестров: публичные и приватные. Официальный реестр называется Docker Hub.

В Docker Hub уже более 10 000 образов с различными ОС и программным обеспечением. Также можно сохранять приватные образы в Docker Hub и использовать их в рамках вашей организации. Использование Docker Hub необязательно. Возможно создание собственных репозиториях вне инфраструктуры Docker (например, на ваших корпоративных облачных серверах).

### Преимущества системы Docker

Лёгкость в обновлении и поддержке образов Git-овый подход в Docker является очень мощным и позволяет легко управлять большим количеством постоянно развертываемых сред, и его система работы с образами позволяет нам тонко настраивать детализацию отдельных образов, экономя дисковое пространство. Теперь мы в состоянии идти в ногу с быстро обновляемыми языками, а также мы можем предложить специальные образы, как например новый стек FFmpeg, разработанный специально для обработки медиа. Сейчас у нас около 15 различных стеков и этот список быстро растет.

Распределение ресурсов и анализ LXC-контейнеры являются методом виртуализации на уровне операционной системы и позволяют контейнерам разделять между собой ядро, но таким образом, что каждый контейнер может быть ограничен в использовании определенного количества ресурсов, таких как процессор, память и устройства ввода / вывода. Docker предоставляет эти возможности, а также и многие другие, в том числе REST API, систему контроля версий, обновление образов и легкий доступ к различным метрикам. Кроме того, Docker поддерживает более безопасный способ изоляции данных, используя файловую систему CoW. Это означает, что все изменения, внесенные в файлы в рамках задачи, хранятся отдельно и могут быть очищены с помощью одной команды. LXC не в состоянии отслеживать такие изменения.

### Недостатки

- Ограниченная обратная совместимость

Быстрый темп развития, безусловно, преимущество, но у него есть свои недостатки. Один из них — ограниченная обратная совместимость. В большинстве случаев то, с чем мы сталкиваемся — изменения в синтаксисе командной строки и API методов и поэтому это не такой важный вопрос с точки зрения продакшена.

- Ограниченные средства и библиотеки

Применение большого количества инструментов в системе Docker означает также принятие больших накладных расходов. Кому-то из вашей команды придется оставаться в курсе всего и много возиться для того, чтобы учесть

новые функции и исправить ошибки. Тем не менее, нам нравятся многие инструменты, которые сделаны для Docker, и нам не терпится дождаться кто победит в этих сражениях (глядя на управление инфраструктурой).

- Длительный процесс удаления

Одной из известных реализаций образовательного процесса с использованием Docker является образовательная платформа Stepic.

Например, курс «Введение в Linux» позволяет обучающимся там сразу же применить и опробовать новые знания, что помогает хорошо закрепить материал. Вот так это выглядит со стороны ученика [2]:

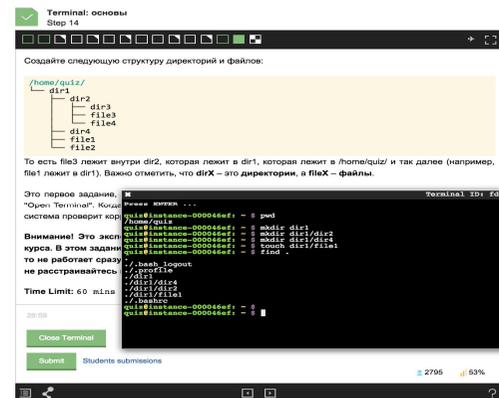


Рис 2. Курс «Введение в Linux» глазами ученика

По этому же принципу работают и курсы обучения программированию на данной платформе.

Именно благодаря docker в своей основе платформа Stepic стала популярной и насчитывает около 3 миллионов контейнеров docker.

### Библиографический список

1. Docker, <https://ru.wikipedia.org/wiki/Docker>
2. Интерактивные упражнения для обучения, <http://habrahabr.ru/company/stepic/blog/246099/>
3. Как жить с Docker, <http://habrahabr.ru/post/250469/>
4. Понимая Docker, <http://habrahabr.ru/post/253877/>
5. Используем Docker, <http://habrahabr.ru/company/infobox/blog/237405/>
6. Башлыкова, А. А., Хорев, П. Б. «Сервисное сетевое программное обеспечение компьютерных сетей и информационных систем». Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013): сб. статей III международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2013. – С. 24-30.

© Бровка С. С., Поликарпов С. В., 2015

УДК 004.932

**В. Н. Будилов\****\*Будилов Виктор Николаевич, к.т.н., доцент**Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
neuropower@yandex.ru***А. Г. Ермолов\****\*Ермолов Алексей Геннадьевич, аспирант**Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
red\_druid@mail.ru*

### АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ВИДЕОКОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

*Ключевые слова: бесконтактные измерения, видеоаналитика, обработка изображений, корреляционный алгоритм.*

*Получены рекомендации по выбору мер сравнения и алгоритмов, реализующих корреляционный метод видеоконтроля колебаний*

В связи с продолжающимся удешевлением видеодатчиков и видеопроцессоров усиливается их применение для ввода информации о колебаниях объектов [1, 2, 3, 4]. Например, в подъемно-транспортных механизмах актуальны системы подавления колебаний грузов [5], в том числе с видеодатчиками [6]. Корреляционные алгоритмы измерения параметров колебаний измеряют смещения  $\Delta_x(k), \Delta_y(k)$ , произошедшие между опорным и наблюдаемым кадрами. Именно такая задача возникает, в частности, при дистанционном измерении параметров колебаний с помощью видеосистем. Сравнительно мало исследований, посвященных выбору оптимального корреляционного алгоритма для такого применения.

Общая идея корреляционного определения смещений может быть выражена следующей схемой (рис. 1). Каждый отсчет измеряемого колебания  $\Delta_x(k), \Delta_y(k)$ , зависящего от номера кадра  $k$  можно найти, если:

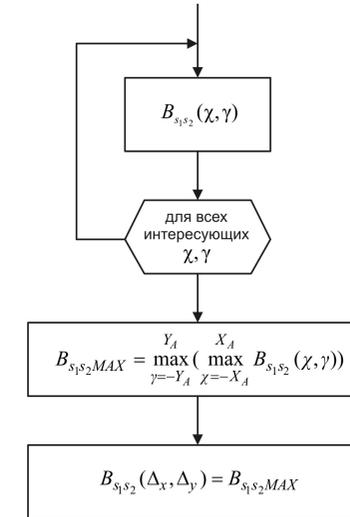
- вычислить функцию расстояния или ВКФ текущего кадра и зоны интереса из опорного кадра;
- найти минимум функции расстояния или максимум ВКФ (на рис. 1 подразумевается максимум ВКФ);
- определить положение этого экстремума в координатах  $x, y$ , что и даст искомое значение отсчета  $\Delta_x(k), \Delta_y(k)$ .

Достаточно затратным является вычисление ВКФ или функции расстояния. Поэтому разновидности корреляционных алгоритмов отличаются, в основном, способами снижения вычислительных затрат на этом этапе.

При прямой реализации алгоритма по приведенной схеме в случае вычисления ВКФ для измерения двумерных колебаний количество операций на один отсчет оценивается выражением

$$N = 4X_O Y_O X_A Y_A + 4X_A Y_A,$$

где  $X_O, Y_O$  – размеры объекта, выраженные в пикселях;  
 $X_A, Y_A$  – максимально возможные амплитуды колебаний, выраженные в пикселях (оценка сверху).



**Рис. 1.** Общая схема корреляционного алгоритма определения смещения

Здесь под операцией понимается пара машинных команд, выполняющая сначала умножение, затем – сложение для вычисления ВКФ. Для некоторых процессоров умножение выполняется дольше сложения, поэтому основной вклад в таких случаях вносят команды умножения.

В одномерном случае, если с помощью ВКФ определяются смещения только в одном направлении  $Y$ , количество операций на один отсчет составляет для прямого алгоритма

$$N = 2X_O Y_O Y_A + 2Y_A.$$

Нужно отметить, что для снижения погрешностей дискретизации желательно, чтобы амплитуды смещений  $X_A, Y_A$  составляли не менее нескольких десятков пикселей. Размеры смещающегося объекта (зоны интереса) могут быть разными, от них зависит также точность измерения.

В таблице 1 приведены результаты расчета количества операций по приведенным формулам за 1 с при частоте кадров 30 Гц и различных размерах  $X_O = Y_O$  (квадратная зона интереса объекта) и  $X_A = Y_A$  (колебания в двух плоскостях с приблизительно равными амплитудами).

Так как яркость пикселя в большинстве случаев кодируется целыми числами, для сравнения достаточно использовать единицу производительности процессоров, связанную с обработкой целых чисел. В качестве такой единицы

обычно используют MIPS (Million Instructions Per Second) – единицу измерения быстродействия, равная одному миллиону операций в секунду.

Таблица 1

**Производительность процессора в MIPS, требуемая для прямого вычисления с помощью ВКФ для двумерных колебаний**

Амплитуда колебаний, пикселей	Размер объекта, пикселей				
	5	10	20	50	100
20	1,2	4,8	19	120	480
50	7,5	30	120	750	3000
100	30	120	480	3000	12000
200	120	480	1920	12000	48000
500	751	3001	12001	75001	300001

В таблице 2 приведены результаты расчета количества операций при частоте кадров 30 Гц и различных размерах  $X_O = Y_O$  (квадратная зона интереса объекта) для одномерного случая.

Таблица 2

**Производительность процессора в MIPS, требуемая для прямого вычисления с помощью ВКФ для одномерных колебаний**

Амплитуда колебаний, пикселей	Размер объекта, пикселей				
	5	10	20	50	100
20	0,06	0,24	0,96	6,0	24
50	0,15	0,60	2,4	15	60
100	0,30	1,2	4,8	30	120
200	0,60	2,4	9,6	60	240
500	1,5	6,0	24	150	600

В таблице 3 приведена производительность некоторых современных процессоров для настольных персональных компьютеров и рабочих станций [7], а в таблице 4 – процессоров для мобильных устройств.

Таблица 3

**Производительность процессоров персональных компьютеров**

Процессор	Год разработки	Производительность, MIPS
AMD Phenom II X6 1100T	2010	78440
Intel Core i7 Extreme Edition 980X (Hex core)	2010	147600
AMD FX-8150 (Eight core)	2011	108890
Intel Core i7 Extreme Edition 3960X (Hex core)	2011	177730

Таблица 4

**Производительность процессоров мобильных устройств**

Процессор	Год разработки	Производительность, MIPS
ARM Cortex A5	2009	1256
ARM Cortex A7	2009	2850
ARM Cortex-A9 (Dual core)	2009	7500
Qualcomm Krait (Cortex A15-like, Dual core)	2011	9900
Samsung Exynos 5250 (Cortex A15-like, Dual core)	2011	14000

Сравнение этих данных позволяет сформировать следующую таблицу результатов (таблица 5), которая опирается на значения MIPS = 40000 для персональных компьютеров и MIPS = 2000 для мобильных устройств (здесь учтено то, что предельная величина MIPS в реальных программах недостижима из-за накладных расходов на управляющие команды алгоритма и на поддержку операционной системы).

Таблица 5

**Возможность вычисления двумерной ВКФ для ПК и мобильных устройств (М)**

Амплитуда колебаний, пикселей	Размер объекта, пикселей				
	5	10	20	50	100
20	ПК, М	ПК, М	ПК, М	ПК, М	ПК, М
50	ПК, М	ПК, М	ПК, М	ПК, М	ПК
100	ПК, М	ПК, М	ПК, М	ПК	ПК
200	ПК, М	ПК, М	ПК, М	ПК	Нет
500	ПК, М	ПК	ПК	Нет	Нет

Отсюда можно сделать следующие выводы (для частоты кадров порядка 30 Гц):

- в настоящий момент измерение мгновенных значений двумерных смещений с погрешностью около 1% возможно на ПК только для малоразмерных зон интереса (например, 20\*20 пикселей);
- низкоточные измерения с погрешностью 10% возможны в двумерном режиме для малоразмерных зон интереса как для ПК, так и для мобильных устройств;
- одномерные колебания измеряются с точностью порядка 1% как на ПК, так и на современных мобильных устройствах.

Следует отметить, что эта грубая оценка производительности не учитывала многие составляющие, снижающие общую производительность компьютеров, например, она полагала, что все требуемые для обработки данные находятся только в кэш-памяти наиболее быстродействующего уровня, что в большинст-

ве случаев неверно. Поэтому, несмотря на постепенный прогресс производительности современных процессоров, исследование оптимизированных по затратам корреляционных алгоритмов остается актуальным.

Известны следующие наиболее известные меры совпадения.

1. Взаимно-корреляционная функция – ВКФ (нужно искать ее максимум)

$$B_{s_1s_2}(\chi, \gamma) = \sum_{y=Y_{OT}}^{Y_{OT}+Y_O-1} \sum_{x=X_{OL}}^{X_{OL}+X_O-1} s_1(x, y) s_2(x + \chi, y + \gamma).$$

2. Евклидово расстояние (нужно искать минимум)

$$P_{s_1s_2}(\chi, \gamma) = \sum_{y=Y_{OT}}^{Y_{OT}+Y_O-1} \sum_{x=X_{OL}}^{X_{OL}+X_O-1} (s_1(x, y) - s_2(x + \chi, y + \gamma))^2$$

называют также среднеквадратической ошибкой (Mean Squared Error, MSE).

3. Манхеттенское расстояние (нужно искать минимум)

$$A_{s_1s_2}(\chi, \gamma) = \sum_{y=Y_{OT}}^{Y_{OT}+Y_O-1} \sum_{x=X_{OL}}^{X_{OL}+X_O-1} |s_1(x, y) - s_2(x + \chi, y + \gamma)|,$$

также часто называемое средней абсолютной разностью (Sum of Absolute Differences, SAD).

Первые две меры эквивалентны, то есть приводят к одинаковому определению перемещения. Манхеттенское расстояние неэквивалентно им и несколько менее точно. Известны также другие меры, они перечислены в работе [8]. Приведем здесь наиболее простые для вычисления.

4. Мера соответствия битовых полей (Bit Plane Matching, BPM)

$$BPM_{s_1s_2}(\chi, \gamma) = \sum_{y=Y_{OT}}^{Y_{OT}+Y_O-1} \sum_{x=X_{OL}}^{X_{OL}+X_O-1} T(s_1(x, y)) \oplus T(s_2(x + \chi, y + \gamma)),$$

где  $\oplus$  – операция сложения по модулю 2;

$$T(s) = \begin{cases} 1, & s \geq \alpha \\ 0, & s < \alpha \end{cases} \text{ – функция преобразования в битовое изображение;}$$

$\alpha$  – пороговое значение.

Следует отметить, что сложение по модулю 2 в некоторых процессорах может быть быстрее умножения, а функция преобразования в битовое изображение может сводиться к отбрасыванию младших битов при подходящем выборе порогового значения, то есть может быть настолько же быстрой, как сложение по модулю 2. Кроме того, преобразование в битовое изображение для опорного кадра может быть выполнено один раз и, таким образом, затраты на него не входят в вычислительный цикл.

5. Мера соответствия количества пикселей (Matching Pixel Count, MPC)

$$MPC_{s_1s_2}(\chi, \gamma) = \sum_{y=Y_{OT}}^{Y_{OT}+Y_O-1} \sum_{x=X_{OL}}^{X_{OL}+X_O-1} T(|s_1(x, y) - s_2(x + \chi, y + \gamma)|),$$

где  $T(s)$  – функция преобразования в битовое изображение, определяемая аналогично предыдущей мере.

В двух следующих мерах уделяется внимание подавлению влияния случайных выбросов, которые могут принимать большие значения и тем самым сильно влиять на ВКФ или евклидово расстояние.

6. Мера, основанная на функции Лоренца

$$LOR_{s_1s_2}(\chi, \gamma) = \sum_{y=Y_{OT}}^{Y_{OT}+Y_O-1} \sum_{x=X_{OL}}^{X_{OL}+X_O-1} \ln \left( 1 + \frac{(s_1(x, y) - s_2(x + \chi, y + \gamma))^2}{2\omega^2} \right),$$

где  $\omega$  – параметр, задающий влияние выбросов, чем он больше, тем сильнее подавляется это влияние, но тем более пологим оказывается экстремум меры, что может также снизить точность.

В связи с повышенными вычислительными затратами на деление и, особенно, на реализацию логарифмирования, такая мера при современных процессорах может найти применение только для одномерных колебаний, или в случае, если можно поступиться производительностью с целью достижения лучшей помехоустойчивости.

7. Медианная мера. В отличие от всех предыдущих, она основана не на суммировании мер различия отдельных пикселей, а на их сортировке с последующим выбором медианы (значения, лежащего посредине отсортированного списка).

$$MED_{s_1s_2}(\chi, \gamma) = \underset{y=Y_{OT}, x=X_{OL}}{\text{med}}^{Y_{OT}+Y_O-1, X_{OL}+X_O-1} (|s_1(x, y) - s_2(x + \chi, y + \gamma)|),$$

где  $\text{med}$  – нахождение медианы по области, заданной верхними и нижними границами координат.

Так как сортировка ранее неупорядоченного списка размером  $M = X_O Y_O$  сама по себе затратная операция, при использовании этой меры может оказаться выгоднее составлять уже упорядоченный список по мере сравнения отдельных пикселей, то есть каждое значение разности включать в связанный список, не нарушая его упорядоченности. Однако, и в этом случае количество операций на каждую точку поиска оказывается в  $\log_2(X_O Y_O)$  больше, чем для мер, основанных на суммировании, например, для манхеттенского расстояния. По этой причине медианная мера вряд ли практически применима в настоящее время для случая измерения параметров двумерных колебаний, хотя может найти применение в случае, когда необходима повышенная помехоустойчивость при измерении параметров одномерных колебаний.

Рассмотрим операции процессора, которые необходимы для вычисления каждой из упомянутых мер в расчете на один пиксель зоны интереса (таблица 6). Операции сложения по модулю 2 и преобразования в бит выполняются быстрее обычного сложения только при их аппаратной реализации на специализированных вычислителях. Так как в данной работе предполагается применение универсальных процессоров общего назначения, в которых эти операции по скорости эквивалентны сложению, меры BPM и MPC далее не рассматриваются.

Таблица 6

## Операции процессора на один пиксель зоны интереса

Мера совпадения изображений	ВКФ	MSE	SAD	BPM	MPC	LOR	MED
Умножений	1	1				1	
Арифметических сложений	1	2	2	1	2	3	
Нахождений модуля			1		1		
Сложений по модулю 2				1			
Преобразований в бит				1	1		
Делений						1	
Вычислений логарифма						1	
Поисков в связанном списке							$\log_2(XOY_O)$
Вставок в связанный список							$\log_2(XOY_O)$

Основными практически пригодными мерами для применения в рассматриваемых целях следует признать SAD и ВКФ. Операция нахождения модуля (удаления знака) по времени, как правило, не превышает операции сложения. Однако, в соответствии с таблицей 6 экономия времени вычислений за счет перехода на манхеттенское расстояние (SAD) может быть реализована только для простых процессоров, у которых умножение выполняется не менее чем в 2 раза дольше сложения.

Так как, теоретически, меры LOR и MED могут обеспечить системе повышенную помехоустойчивость, их также не следует исключать из дальнейшего рассмотрения, но их применение практически возможно только для одномерных измерений.

В частном случае, когда мерой является ВКФ, известны быстрые алгоритмы вычисления функции

$$B_{s_1s_2}(\chi, \gamma) = \sum_{y=Y_{OT}}^{Y_{OT}+Y_O-1} \sum_{x=X_{OL}}^{X_{OL}+X_O-1} s_1(x, y) s_2(x+\chi, y+\gamma)$$

для всей области  $-X_A \leq \chi \leq X_A$ ,  $-Y_A \leq \gamma \leq Y_A$ .

Наиболее известный из таких быстрых алгоритмов основан на теореме о корреляции [9]. В этой теореме доказано следующее. Если функции  $S_1(\omega_x, \omega_y)$  и  $S_2(\omega_x, \omega_y)$  представляют собой преобразования Фурье соответственно от изображений  $s_1(x, y)$  и  $s_2(x, y)$ , то преобразование Фурье от взаимно-корреляционной функции этих изображений будет равно  $S_1^*(\omega_x, \omega_y) S_1(\omega_x, \omega_y)$ , где \* – знак комплексного сопряжения.

Таким образом, на основании этой теоремы

$$B_{s_1s_2}(\chi, \gamma) = F_D^{-1} \left( F_D^*(s_1(x, y)) F_D(s_2(x, y)) \right),$$

где  $F_D(\ )$  – прямое дискретное преобразование Фурье,

$F_D^{-1}(\ )$  – обратное дискретное преобразование Фурье.

Хотя по структуре алгоритма такой способ вычисления ВКФ выглядит более сложным, с точки зрения вычислительных затрат он выгоднее, так как для дискретных преобразований Фурье существуют быстрые алгоритмы вычисления (быстрое преобразование Фурье, БПФ) [9, 10].

Следовательно, чтобы найти ВКФ, можно:

- применить БПФ к каждому из сигналов – к текущему и к опорному кадрам;
- перемножить полученные спектры;
- применить обратное БПФ (ОБПФ) к этому произведению.

Для других мер, например, манхеттенского расстояния, однако, применение такого способа не возможно.

Количество операций на нахождение БПФ с количеством отсчетов N оценивается величиной  $N \log_2 N$  комплексных умножений и столько же комплексных сложений. Для перехода к оценке количества обычных вещественных умножений и сложений нужно учесть, что:

- комплексное сложение требует двух вещественных сложений;
- комплексное умножение требует четырех вещественных умножений и двух вещественных сложений.

Отсюда оценка количества вещественных операций выглядит как  $4N \log_2 N$  умножений и столько же сложений. Так как входные сигналы (изображения) являются вещественными, а не комплексными, есть возможность сократить количество операций примерно вдвое до  $2N \log_2 N$ , обрабатывая пару вещественных изображений, как одно комплексное, такие алгоритмы также известны.

Для вычисления ВКФ нужно применять БПФ три раза, откуда общая оценка количества операций становится равной  $6N \log_2 N$  как для умножений, так и для сложений. В таблице 7 приведены оценки выигрыша, достигаемого при нахождении ВКФ с помощью БПФ.

Здесь видно, что для коротких сигналов ( $N < 30$ ) применение такого метода не дает выигрыша, однако, уже для сигналов с  $N > 100$  выигрыш может составлять несколько раз и тем больше, чем длиннее сигналы.

Практически выигрыш в условиях данной работы может оказаться существенно ниже по следующим причинам:

- обычно реализация БПФ требует чисел с плавающей точкой (вещественных), операции с которыми на простых процессорах могут быть намного более медленными, чем с целыми числами, кроме того, в таком случае будут затраты операций на преобразование форматов чисел порядка  $2N$ ;
- алгоритмы БПФ известны не для любых N, поэтому обычно сигналы дополняют нулями до ближайшего N сверху, для которого существует такой алгоритм, наиболее часто применяют N, равное степени 2;

– длина обоих сигналов для применения такого метода должна быть одинаковой, поэтому в нашем случае короткий опорный сигнал (зону интереса) придется расширять до размеров зоны поиска.

Таблица 7

**Выигрыш за счет применения БПФ для двух сигналов длиной  $N$** 

Количество отсчетов каждого сигнала $N$	Количество операций для прямого вычисления ВКФ $N^2$	Количество операций для вычисления ВКФ с помощью БПФ $6N \log_2 N$	Выигрыш, раз
16	256	384	0,7
32	1024	960	1,1
64	4096	2304	1,8
128	16384	5376	3,0
256	65536	12288	5,3
512	262144	27648	9,5
1024	1048576	61440	17,1

Так как с учетом последнего замечания  $N = 4X_A Y_A$ , получаем общую оценку количества операций умножения

$$M = 6N \log_2 N = 24X_A Y_A \log_2(X_A Y_A)$$

и такое же количество сложений. Если предположить, что умножение выполняется так же быстро, как сложение, полное количество операций можно оценить величиной

$$48X_A Y_A \log_2(X_A Y_A)$$

В таблице 8 приведены результаты расчета количества операций по этой формуле за 1 с при частоте кадров 30 Гц и различных размерах  $X_A = Y_A$  (колебания в двух плоскостях с приблизительно равными амплитудами). Размер объекта в соответствии с приведенным выше замечанием равен  $X_A$ .

Таблица 8

**Производительность процессора в MFLOPS, требуемая для вычисления с помощью БПФ для случая двумерных колебаний**

Амплитуда колебаний, пикселей	Производительность, MFLOPS
16	2,9
32	15
64	71
128	330
256	1510
512	6795

Производительность некоторых процессоров персональных компьютеров на операциях с плавающей точкой:

- AMD Athlon 64 2,211 ГГц (2003) – 8000 MFLOPS;
- AMD Athlon 64 X2 4200+ 2,2 ГГц (2006) – 13200 MFLOPS;
- Intel Core 2 Duo 2,4 ГГц (2006) – 19200 MFLOPS;
- Intel Core i3-2350M 2,3 ГГц (2011) – 36800 MFLOPS;
- AMD Athlon II X4 640 (ADX640W) 3,0 ГГц (2010) – 37390 MFLOPS;
- Intel Core i7-975 XE 3,33 ГГц (2009) – 53328 MFLOPS;
- Intel Core i5-2500K 3,3 ГГц (2011) – 105600 MFLOPS.

Сравнение с приведенными выше данными по целочисленным операциям показывает, что обработка с плавающей точкой на современных персональных компьютерах всего примерно в 1,5 раза медленнее целочисленной и на этом основании пренебрегать БПФ нельзя.

Отсюда можно сделать вывод, что не слишком старые персональные компьютеры должны справиться с обработкой с помощью БПФ при амплитуде двумерных колебаний до 512-1024 пикселей. Это значительно превосходит возможности по применению прямого алгоритма вычисления, рассмотренного выше.

Ситуация с процессорами мобильных устройств намного хуже, так процессор Samsung Exynos 4210 2x1600 МГц достигает лишь 84 MFLOPS, то есть операции с плавающей точкой в нем в сотни раз медленнее целочисленных. Поэтому о точном измерении мгновенных значений колебаний с помощью существующих мобильных устройств можно пока забыть.

Другая возможность экономии вычислительных затрат заключается в оптимизации поиска. Например, известен следующий способ оптимизации.

1. Вычисляются уменьшенные кадры с пониженной в несколько раз частотой дискретизации путем усреднения соседних пикселей. Например, усреднение (или просто сумма)  $8 \times 8$  пикселей даст кадр, у которого будет в 64 раза меньше «усредненных» пикселей.
2. По усредненным кадрам находится грубая оценка смещения.
3. Для нахождения точной оценки смещения вычисляется ВКФ или функция расстояния в небольших пределах, соответствующих размеру зоны усреднения.

К сожалению, этот довольно эффективный метод работает точно только для изображений, у которых в зоне интереса мало мелких деталей. Причина этого в том, что усреднение подавляет мелкие детали изображения. Иначе говоря, он использует предпосылку о том, что изображение состоит в основном из крупных деталей, то есть некоторую априорную информацию об изображении.

Другой способ оптимизации поиска основан на априорном знании о характере колебания. Например, если колебания происходят медленно по сравнению с частотой кадров, то следующую точку смещения можно попытаться спрогнозировать (предсказать). Тогда, быстро получив грубую оценку смещения с помощью предсказания, можно дальше уточнить ее, проведя поиск по небольшой зоне вокруг точки грубой оценки.

Перечисленные виды корреляционных алгоритмов можно классифицировать в виде диаграммы, показанной на рисунке 2.



Рис. 2. Корреляционные алгоритмы

### Выводы

1. В настоящий момент измерение мгновенных значений двумерных смещений прямым алгоритмом вычисления ВКФ с погрешностью квантования около 1% возможно на ПК только для малоразмерных зон интереса (например, 20\*20 пикселей).

2. Низкочастотные измерения прямым алгоритмом вычисления ВКФ с погрешностью 10% возможны в двумерном режиме для малоразмерных зон интереса как для ПК, так и для мобильных устройств.

3. Одномерные колебания измеряются прямым алгоритмом вычисления ВКФ с погрешностью квантования порядка 1% как на ПК, так и на современных мобильных устройствах.

4. ПК могут справляться с обработкой с помощью БПФ при амплитуде двумерных колебаний до 512-1024 пикселей. Это значительно превосходит возможности по применению прямого алгоритма вычисления ВКФ.

5. Экономия времени вычислений за счет перехода на манхеттенское расстояние (SAD) может быть реализована только для простых процессоров, у которых умножение выполняется не менее чем в 2 раза дольше сложения.

### Библиографический список

1. Будилов В. Н., Дреманович П. В., Дорохина А. С. Корреляционные алгоритмы бесконтактной регистрации колебаний с помощью видеосистем [Текст] // Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях: сб. статей I международной заочной

научно-технической конференции. Ч. 2/ Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2013. – С. 8-14.

2. Kim, S. W. Multi-point Displacement response measurement of civil infrastructures using digital image Processing / S. W. Kim, N. S. Kim // The Proceedings of the Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction – EASEC12. – Procedia Engineering. – 2011. – V. 14. – P. 195–203.

3. Ye, X. W. A vision-based system for dynamic displacement measurement of long-span bridges: algorithm and verification / X. W. Ye, Y. Q. Ni, T. T. Wai, K. Y. Wong, X. M. Zhang, F. Xu // Smart Structures and Systems. – 2013. – V. 12. – N. 3-4. – P. 363-379.

4. Будилов, В. Н. Обработка видеопотока в частотной области для измерения параметров колебаний объектов / В. Н. Будилов, В. И. Воловач // Информационные технологии и системы 2013 (ИТС 2013): материалы международной научной конференции. – Минск: БГУИР, 2013. – С. 250–251.

5. Кузнецов, А. П. Интеллектуальные алгоритмы управления подъемно-транспортными механизмами / А. П. Кузнецов, А. В. Марков, М. К. Хаджинов, А. С. Шмарловский, Т. В. Гаврилик // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: материалы международной научно-технической конференции. – Минск: БГУИР, 2011. – С. 493–504.

6. Kawai, H. Anti-sway system with image sensor for container cranes / H. Kawai, Y. B. Kim, Y. W. Choi // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2009. – V. 23. – N. 10. – P. 2757–2765.

7. Instructions per second [Электронный ресурс] / Wikipedia. – URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Instructions\\_per\\_second](http://en.wikipedia.org/wiki/Instructions_per_second) (дата обращения: 31.10.2014).

8. Рабинович, А. В. Критерии оценки движения для алгоритмов сжатия изображений [Электронный ресурс] / Московский технический университет связи и информатики. Центр цифрового телевидения и видеоинформатики. – URL: [http://www.srd.mtuci.ru/nil11/Public/КРИТЕРИИ%20ОЦЕНКИ%20ДВИЖЕНИЯ%20ДЛЯ%20АЛГОРИТМОВ%20СЖАТИЯ%20ИЗОБРАЖЕНИЙ\\_1.pdf](http://www.srd.mtuci.ru/nil11/Public/КРИТЕРИИ%20ОЦЕНКИ%20ДВИЖЕНИЯ%20ДЛЯ%20АЛГОРИТМОВ%20СЖАТИЯ%20ИЗОБРАЖЕНИЙ_1.pdf) (дата обращения: 14.10.2014).

9. Айфичер, Э. С. Цифровая обработка сигналов: практический подход [Текст] / Э. С. Айфичер, Б. У. Джервис. – М.: Вильямс, 2008. – 992 с.

10. Нуссбаумер, Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления свертки [Текст]. – М.: Радио и связь, 1985. – 248 с.

© Будилов В. Н., Ермолов А. Г., 2015

УДК 004.4

**С. А. Бутузов\***

*\*Бутузов Сергей Анатольевич, студент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
deluxe250@yandex.ru*

**А. С. Мартынова\***

*\*Мартынова Анна Сергеевна, студент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
anyrec@rambler.ru*

**Т. С. Яницкая\***

*\*Яницкая Татьяна Сергеевна, к.т.н., доцент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
yan@tolgas.ru*

### **РАЗРАБОТКА И АДМИНИСТРИРОВАНИЕ WEB-САЙТА ПРЕДПРИЯТИЯ ЗАО "ПРАВОБЕРЕЖНЫЙ ЗАВОД СТРОЙКОНСТРУКЦИЙ"**

*Ключевые слова: web-сайт, интерфейс пользователя, личный кабинет, интерфейс администратора, панель администрирования, отчеты по поставщикам и покупателям.*

*В статье рассмотрено проектирование web-сайта для промышленного предприятия, включающее разрабатываемые интерфейсы пользователя и администратора, представлена разработанная модель базы данных, различные отчеты по поставщикам и покупателям.*

В настоящее время ни одна организация не обходится без web-сайта, а «продающий» web-сайт не только увеличивает прибыль организации, но и существенно поднимает ее имидж в глазах клиентов. Данный проект позволяет решить не только эти проблемы, но и многие другие, выводя бизнес-процессы внутри организации на новый уровень.

Актуальность данного проекта заключается в том, что он позволяет эффективно решить проблемы своевременного предоставления информации об изготавливаемых изделиях предприятия клиенту, проблему неэффективной обработки информации предприятия и предоставления отчетности, что существенно повысит качество выполняемых работ и значительно сократит время их выполнения.

На основании этого целью данного проекта является разработка web-сайта для предприятия ЗАО «Правобережный Завод Стройконструкций» (ПЗСК).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующий ряд задач:

- рассмотреть пути решения выявленных проблем и выбрать наиболее оптимальное решение;
- проанализировать и произвести выбор средств автоматизации;
- спроектировать базу данных;

- разработать интерфейс пользователя и администратора;
- разработать отчеты по поставщикам, поставляемым материалам, обслуживаемым клиентам и проданным товарам.

В результате проведенного анализа деятельности предприятия можно обозначить следующие проблемы:

- в процессе обслуживания клиентов подпроцесс обработки заявки занимает большое количество времени, а подпроцесс формирования заказа является наиболее трудозатратным;
- в процессе работы с поставщиками подпроцесс обработки заявок занимает большое количество времени и является наиболее трудозатратным;
- в системе 1С отсутствует возможность отслеживания статуса заказа и динамического формирования отчетов по поставщикам и покупателям.

Из вышесказанного видно, что предприятие затрачивает большое количество времени на работу с клиентами и поставщиками и, вследствие чего, несет убытки [1, 2].

В качестве одного из способов решения выявленных проблем можно модернизировать информационную систему 1С, которая позволила бы упростить процесс работы с документами, сведя все операции по вводу данных к заполнению одной формы. Однако, процесс работы с клиентами и поставщиками останется прежним, как и временные затраты на их выполнение.

На основании проведенного предпроектного исследования, руководством предприятия было принято решение разработать web-сайт, который предоставляет возможность внешним пользователям просматривать информацию об изготавливаемых изделиях, осуществлять подбор изделий в соответствии со своими требованиями, оформлять заказ, не выходя из дома, а также оперативно связываться с представителем предприятия, а внутренним пользователям предоставит возможность просматривать информацию о поставщиках, стройматериалах, клиентах и заказах в нужных разрезах, а также динамически формировать необходимые отчеты. Разработанный web-сайт полностью заменит существующий, представленный в виде визитки, где размещена информация только о предприятии, и нет возможности интерактивной работы с клиентами.

Современные информационные технологии позволяют создавать сайты на основе СМС - систем и шаблонов, а также используя новейшие среды разработки программного обеспечения. Второй подход позволяет разработать уникальный сайт, который не только повысит рейтинг организации, но и будет обладать необходимыми функциональными возможностями.

ИТ - инфраструктура предприятия построена на основе системы управления базами данных Microsoft SQL Server 2012. Кроме того, в организации используется интегрированная среда разработки Visual Studio Professional 2013, которую можно использовать в коммерческих целях. Visual Studio является одной из самых функциональных интегрированных сред разработки (IDE - Integrated development environment). На основании этого, в первую очередь, при выборе программного обеспечения для разработки web-сайта были рассмотрены технологии Microsoft. Выбор был сделан в пользу технологии ASP.NET, поскольку она является составной частью платформы Microsoft .NET [4].



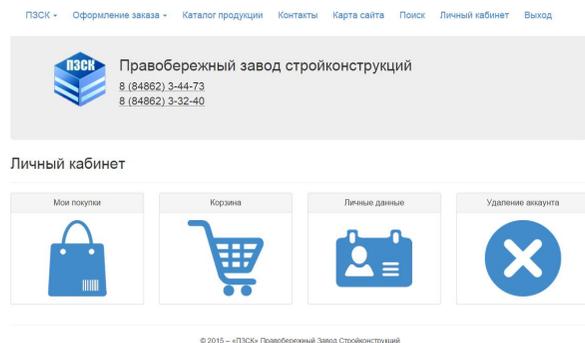


Рис. 2. Личный кабинет пользователя

Для осуществления заказа пользователю необходимо перейти на страницу с каталогом (см. рис. 3), выбрать необходимое количество товара и нажать на соответствующую кнопку.



Рис. 3. Страница каталога

Выбранный товар в указанном количестве добавится в корзину, где можно осуществлять операции по формированию корзины и оформить заказ. После оформления заказа можно будет просматривать статус его выполнения в разделе «Мои покупки» личного кабинета. Раздел «Личные данные» личного кабинета позволяет просмотреть и отредактировать необходимые данные пользователя.

Второй частью сайта является раздел администратора. После входа в систему администратору web-сайта доступна панель администрирования (см. рис. 4), в которой находятся все основные операции, сгруппированные в 4 блока.

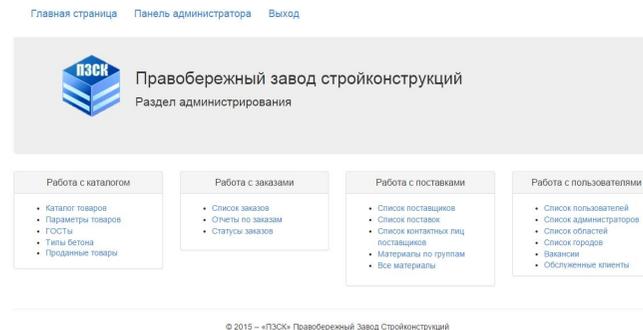


Рис. 4. Панель администрирования

Каждый из разделов предоставляет администратору возможность создавать, редактировать, удалять и просматривать информацию о записях конкретного раздела, а также некоторые разделы дают возможность формирования соответствующих отчетов[3].

Разработанные отчеты по поставщикам и покупателям дают возможность просматривать информацию в необходимых разрезах. Для этого предусмотрен механизм фильтрации, в помощью которого можно отфильтровать записи, используя такие элементы управления, как «флажки» и «переключатели». В качестве примера одного из отчетов представим отчет по проданным товарам (см. рис. 5). Здесь можно произвести фильтрацию по группам товаров, задать параметры сортировки и указать временной промежуток, за который были проданы товары.

В результате выполнения данного проекта разработанный web-сайт для предприятия ЗАО «ПЗСК» предоставляет возможность динамического формирования отчетов по поставщикам, поставленным материалам, обслуженным клиентам и проданным товарам.

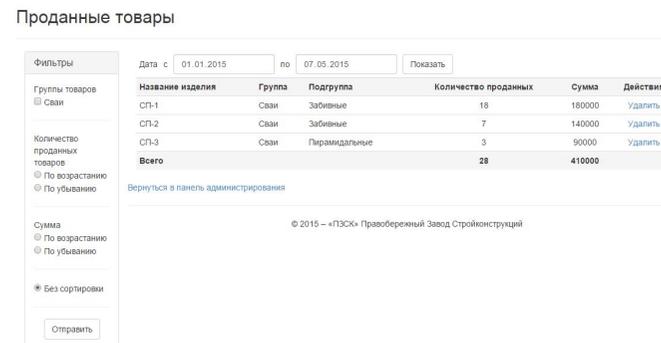


Рис. 5. Отчет по проданным товарам

Теперь пользователи могут заказать интересующие их железобетонные изделия посредством разработанного web-сайта, тем самым, скорость обработки заказа существенно возросла, а у клиентов появился еще один способ совершения покупок. Вместе с тем механизм динамического формирования отчетов позволяет сократить временные затраты и трудоемкость выполняемых работ, вследствие чего, взаимодействие с поставщиками и покупателями стало более гибким.

#### Библиографический список

1. Галямина, И.Г. Управление процессами [Текст]: учебник для вузов / Г.И. Галямина. – СПб.: Питер, 2013. – 304 с.
2. Репин, В.В. Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление [Текст] / В.В. Репин. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 512 с.
3. Сандерсон.С. ASP.NET MVC Framework с примерами на С# для профессионалов [Текст] / Сандерсон Стивен. Пер. с англ. – М. : «Вильямс», 2010 – 560 с.
4. Степанов Е. Кросс-платформенные и многозвенные технологии: курс дистанц. обучения // Национальный открытый институт «Интуит» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/571/427/lecture/9703?page=2>.
5. Цуканов П. ORM технологии в .NET (Nhibernate, LinqToSQL, EntityFramework) // SlideShare – мировое сообщество для обмена презентациями и другими профессиональными материалами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.slideshare.net/ptsukanov/orm-net-nhibernate-linq-to-sql-entity-framework>.

© Бутузов С. А., Мартынова А. С., Яницкая Т. С., 2015

УДК 621.396

**Е. В. Васильев\***

*\*Васильев Евгений Викторович, к.т.н, доцент*

*Рязанский государственный радиотехнический университет  
ua3smm@mail.ru*

**М. И. Тимофеев\***

*\*Тимофеев Максим Игоревич, магистрант*

*Рязанский государственный радиотехнический университет  
sakh65@yahoo.com*

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОНАРА С ШИРОКОПОЛОСНЫМ ЗОНДИРУЮЩИМ СИГНАЛОМ

*Ключевые слова: пьезоэлектрический преобразователь, электродинамический излучатель, сонар, акустический локатор, прямой цифровой синтезатор частоты, внутримпульсная линейная частотная модуляция.*

*Рассмотрены особенности работы сонаров (акустических локаторов) с пьезоэлектрическими преобразователями, которые не позволяют улучшить разрешение по дальности. Описан метод построения сонаров на основе широкополосных электродинамических излучателей с использованием сигналов с внутримпульсной линейной частотной модуляцией. Приводятся результаты экспериментального исследования макета такого сонара, подтверждающие возможность его успешной практической реализации.*

Акустическая локация применяется в настоящее время в тех случаях, когда использование техники радиолокации ближнего действия [1] не оправдывает себя по экономическим соображениям, например, в устройствах охранной сигнализации или в автомобильных детекторах препятствия, так называемых парктрониках. Существует еще одна традиционная область применения акустической локации – исследование электропроводящих сред или веществ, характеризующихся большим коэффициентом поглощения электромагнитной волны. Это гидролокация, геолокация и ультразвуковая дефектоскопия. В большинстве случаев, акустические локаторы (также часто называемые сонарами от англ. sonar – sonic radar) перечисленных выше типов строятся на основе пьезоэлектрических акустических преобразователей, представляющих из себя диск, шайбу или стержень из сегнетоэлектрической керамики, механические колебания в которой возбуждаются подачей электрического напряжения на металлические электроды, нанесенные на противоположные плоскости преобразователя. Такой преобразователь обладает как прямым, так и обратным пьезоэлектрическим эффектом, благодаря чему используется в качестве микрофона в паузах между излучением зондирующих акустических импульсов.

Важным для нас обстоятельством является то, что пьезоэлектрические преобразователи обладают резонансными свойствами с достаточно высокой добротностью, приводящими к формированию длительного колебательного процесса при импульсном его возбуждении. Обычно для акустической локации используются пьезоэлектрические преобразователи частотного диапазона

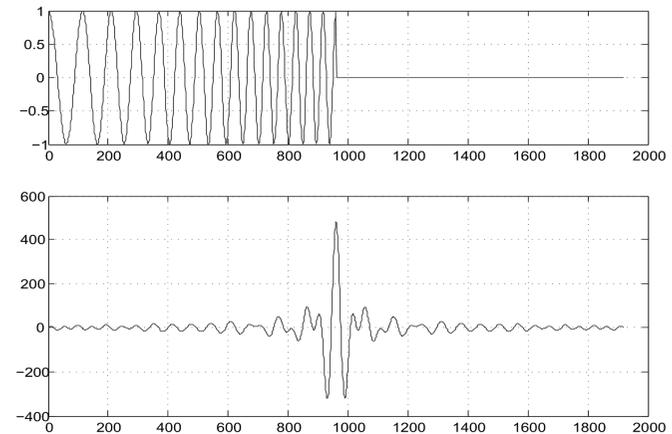
40...250 кГц, для которых типичное время затухания колебаний – не более 1...1,5 мс [2]. При этом зондирующий акустический сигнал представляет собой достаточно длительный затухающий колебательный процесс, соответствующий в воздухе расстоянию в среднем 40 см, а в воде расстоянию около 1,8...2 м. Очевидно, что на приемнике эхо-импульсы от двух различных отражателей, имеющих меньшую разность по дальности, не будут разделены, т.е. расстояния до них не могут быть измерены отдельно. (Для конкретизации в дальнейшем будем говорить только об акустической локации в воздухе.)

**Целью настоящей работы** является изложение и экспериментальная проверка осуществимости принципа построения акустического локатора, обладающего повышенной разрешающей способностью по сравнению с традиционными сонарами, выполненными на основе узкополосных пьезоэлектрических преобразователей. Необходимо отметить, что в данном случае под разрешающей способностью понимается именно возможность разделения на приемном устройстве откликов (эхо-сигналов) от двух или нескольких близко расположенных отражателей, что обеспечивает возможность отдельного измерения расстояния до каждого из них. Данное уточнение необходимо в связи с тем, что иногда в зарубежных источниках термин resolution (разрешающая способность) по отношению к сонарам обозначает дискретность измерения расстояния до единственного отражателя [3], тогда как расстояние от первого до следующего по дальности отражателя, отклик от которого воспринимается сонаром отдельно, может превышать упомянутую «дискретность» в десятки раз.

Одним из возможных способов повышения разрешающей способности по дальности акустических локаторов можно считать использование сложных зондирующих сигналов, т.е. сигналов с внутримпульсной модуляцией, автокорреляционной функцией которых содержит единственный узкий пик. Иными словами, необходимо формировать широкополосные зондирующие сигналы, которые, после отражения от препятствий, при прохождении их через согласованный фильтр в приемном тракте локатора, сжимаются во времени по сравнению с длительностью зондирующих импульсов. За счет такого сжатия и обеспечивается повышение разрешающей способности по дальности по сравнению с локационной системой, не использующей сложных сигналов. Этот принцип заимствован из радиолокации, где он давно и повсеместно применяется [4].

Существует несколько типов сложных сигналов, применяемых в радиолокации. Учитывая специфику электроакустических преобразователей как достаточно инерционных устройств, выберем для построения акустического локатора внутримпульсную линейную частотную модуляцию (ЛЧМ или так называемую chirp модуляцию). Теория согласованной фильтрации ЛЧМ-импульса, приводящей к его сжатию во временной области, хорошо известна и описана во многих работах по теоретической радиотехнике и теоретическим основам радиолокации [4, 5, 6]. В качестве иллюстрации (рис. 1) приведем отклик согласованного фильтра на идеальный ЛЧМ-импульс с параметрами, совпадающими с примененным в описанном ниже эксперименте: начальная частота 5 кГц, конечная частота 15 кГц, длительность импульса 1,5 мс. Очевидно, что использование таких сложных широкополосных зондирующих сигналов позволит повысить разрешение по дальности акустического локатора за счет их сжатия в

фильтре приемника. Величину коэффициент сжатия импульса [5] можно оценить как  $m = \Delta f T$ , где  $\Delta f$  - полное изменение частоты заполнения за длительность импульса,  $T$  – длительность импульса. На оси абсцисс на рис. 1 нанесены номера отсчетов сигнала.



**Рис. 1.** Импульс с ЛЧМ-заполнением: исходный и сжатый при согласованной фильтрации

Был проведен анализ возможностей доступных электроакустических преобразователей; выяснилось, что только электродинамические преобразователи (динамические головки) высокочастотной области звукового диапазона, или «твитеры», обладают рабочей полосой частот более одной октавы и могут быть использованы для формирования широкополосных акустических импульсов. Нами была использована высокочастотная динамическая головка URAL AS-W16254K GRAND. Именно ее номинальный диапазон частот 5...20 кГц (две октавы) определил рабочий диапазон сканирования частоты внутримпульсно заполнения акустического локатора.

В качестве микрофона использовался широко распространенный ненаправленный электретный микрофон EM6027, имеющий практически плоскую амплитудно-частотную характеристику чувствительности в диапазоне 0,1...20 кГц. Сигнал, принимаемый микрофоном, усиливался однокаскадным усилителем с полосой частот 1...50 кГц на малошумящем операционном усилителе OP213 (Analog Devices, Inc), после чего подавался на вход цифрового осциллографа Velleman PCS100/8031, в котором записывался в текстовый файл и передавался для дальнейшей математической обработки (не в реальном времени) в компьютерную программу, написанную в среде MATLAB. Обработка состояла в имитации пропускания принимаемого сигнала через согласованный с ЛЧМ-импульсом фильтр. Для этого в программе генерировался массив отсчетов идеальной копии такого импульса в зеркальном отображении, который

затем служил в качестве коэффициентов встроенной в MATLAB функции *filter*. Таким образом был получен программный фильтр с конечной импульсной характеристикой, являющейся зеркальным отражением отсчетов исходного импульса с ЛЧМ, т.е. согласованный с таким импульсом.

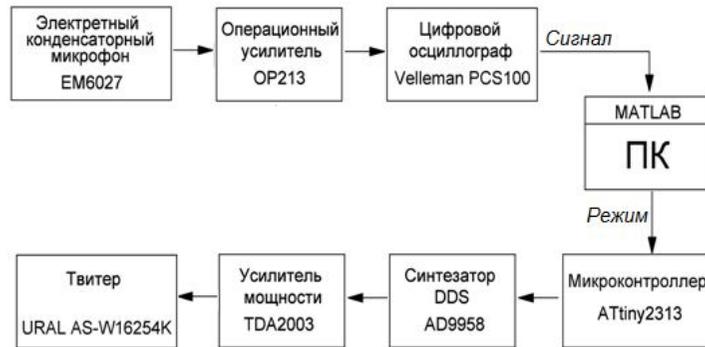


Рис. 2. Структурная схема макета акустического локатора

В качестве формирователя электрического импульсного сигнала с внутри-импульсным ЛЧМ-заполнением был выбран интегральный прямой цифровой синтезатор частоты (далее – DDS, Direct Digital Synthesizer) AD9958, который имеет встроенные аппаратные возможности для линейной развертки частоты с заданной скоростью, а также управления амплитудой выходного колебания с заданной крутизной переднего и заднего фронтов огибающей. Синтезатор частоты работал под управлением микроконтроллера ATtiny2313 фирмы ATMEL. Изменяя программу микроконтроллера, можно было регулировать все параметры формируемых импульсов: длительность, период, начальную частоту и скорость ее нарастания, крутизну фронтов. Выходной сигнал синтезатора частоты через усилитель мощности на интегральной микросхеме TDA2003 подводился к динамической головке. Выходная мощность сигнала в импульсе составляла 100 мВт. Структурная схема полученного таким образом макета акустического локатора показана на рис. 2.

В качестве отражателей применялись две алюминиевые пластины размером 20х20 см, не перекрывающие друг друга, но расположенные на разных расстояниях от локатора (считая от диффузора динамической головки).

Параметры зондирующего сигнала после нескольких экспериментов окончательно были выбраны следующим образом: период повторения импульсов 12 мс, длительность импульса  $T = 1,5$  мс, начальная и конечная частоты заполнения импульса соответственно 5 кГц и 15 кГц, т.е.  $\Delta f = 10$  кГц, что дает коэффициент сжатия  $m = 15$ . С микрофонного усилителя сигнал считывался электронным осциллографом с периодом дискретизации 12,5 мкс.

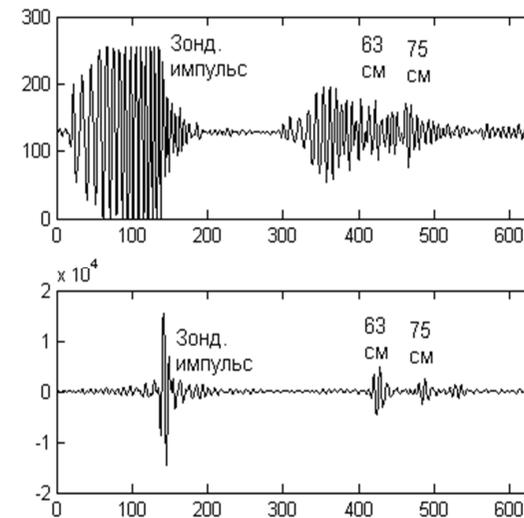


Рис. 3. Результат эксперимента: сигнал на входе и выходе согласованного фильтра

На рис. 3 представлены результаты эксперимента: вид сигнала на выходе микрофонного усилителя до его сжатия и после прохождения через согласованный фильтр. Ось абсцисс рис. 3 проградуирована в номерах отсчетов сигнала. Сравнивая ширину зондирующего импульса на верхнем и нижнем графиках, можно оценить практически достигнутую величину его коэффициента сжатия (около 12, если оценивать ширину импульсов по половине высоты их огибающих). Также можно наблюдать, что до операции сжатия отраженные импульсы от препятствий, расположенных на расстояниях 63 см и 75 см от диффузора динамической головки, перекрываются без возможности их разрешения, тогда как после прохождения через согласованный фильтр они воспринимаются раздельно. Как следует из рис. 3, расстояние между отражателями можно уменьшить примерно вдвое (до 25...30 отсчетов, что соответствует 5,5...6,5 см) без потери разрешения. Эту величину мы и будем принимать за достигнутое значение разрешения по дальности исследуемого здесь макета акустического локатора. В описываемом в статье случае выигрыш экспериментальной установки акустического локатора по сравнению с промышленно выпускаемым сонаром MB7076 фирмы MaxBotix [3] (испытания которого нами также проводились в рамках данной работы) в параметре «разрешение по дальности» составил около 5 раз. Таким образом, испытания акустического локатора с широкополосным зондирующим сигналом можно признать успешными, а цель работы – повышение разрешения по дальности – можно считать достигнутой.

*Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки РФ № 2014/178.*

#### Библиографический список

1. Воловач В.И. Вероятностный характер определения дальности действия радиотехнических устройств обнаружения охранных систем // Сборник статей III Международной заочной научно-технической конференции «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013)». – Тольятти: Поволжский государственный университет сервиса, 2013. – С. 42 – 49.
2. Air Ultrasonic Ceramic Transducers 400EP14D: S. Square Enterprise Company (электронный ресурс) Limited / Pro-Wave Electronics Corporation, 2012. <http://www.pro-wave.com.tw>.
3. Ultrasonic Sensor Product Catalog / MaxBotix Inc., 2014. (электронный ресурс) [http://www.maxbotix.com/Ultrasonic\\_Sensors.htm](http://www.maxbotix.com/Ultrasonic_Sensors.htm)
4. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с.
5. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов. – М.: Сов. радио, 1977. – 608 с.
6. Шишлин Б.В. Обзор и анализ способов оптимальной обработки сложных сигналов в радиотехнических системах // Сборник статей III Международной заочной научно-технической конференции «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013)». – Тольятти: Поволжский государственный университет сервиса, 2013. – С. 395 – 400.

© Васильев Е. В., Тимофеев М. И., 2015

УДК 621.396.96

**А. С. Васильева\***

*\*Васильева Анна Сергеевна, аспирант*

*Поволжский государственный университет сервиса, г.Тольятти  
anna98@list.ru*

#### К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТА ПОВЫШЕННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ БЛИЖНЕЙ ДАЛЬНОСТИ

*Ключевые слова: радиотехнические устройства ближней дальности, эффект повышенной чувствительности, преобразователь частоты.*

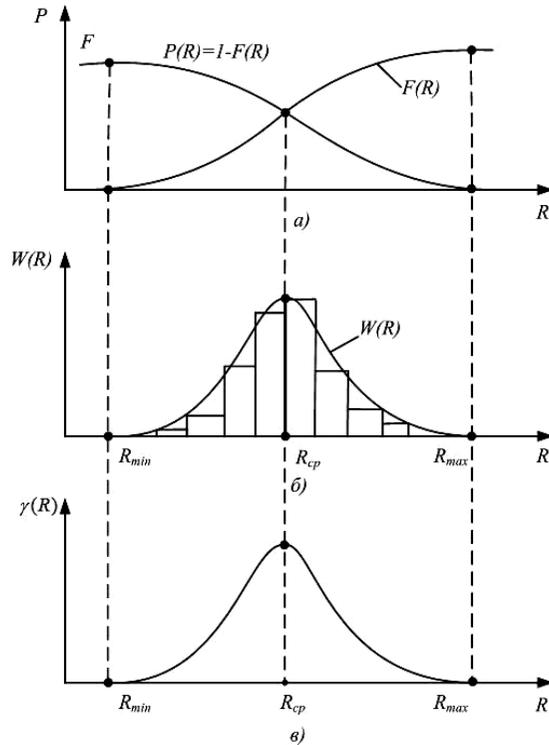
*В данной статье рассматриваются возможность и преимущества использования преобразователей частоты повышенной чувствительности в радиотехнических устройствах обнаружения ближней дальности.*

Все более значительное распространение в различных областях техники получают радиотехнические системы и устройства ближнего действия. Под радиосистемами ближнего действия (РБД) понимают системы, действующие на малых расстояниях (от единиц до десятков метров). В значительной степени успешность применения таких устройств определяется их помехоустойчивостью и дальностью действия. При обработке радиолокационных сигналов в РБД, также как и в классических радиолокационных системах, важна конечная задача: обнаружение и различение (или разрешение) сигнала, по которому принимается решение о вторжении в пределы контролируемой зоны.

На рис. 1 приведены кривые вероятности обнаружения объекта в зависимости от дальности. Обычно интегральная кривая  $P(R)$  (рис. 1, а), характеризующая зависимость вероятности обнаружения от дальности действия, стремится к нулю на максимальных дальностях и к единице на минимальных дальностях обнаружения объекта. Обратным образом по отношению к кривой  $P(R)$  ведет себя интегральная кривая  $F(R)$  необнаружения объекта.

Обнаружение объекта более вероятно на некоторых средних дальностях, чем на больших или малых (см. рис. 1, б, в), так как обнаружение объекта на больших дальностях маловероятно в силу недостаточной энергетической эффективности РУО. Но и на малых дальностях обнаружение менее вероятно, поскольку маловероятно, что объект не будет обнаружен, прежде чем он сблизится с устройством обнаружения. На рис. 1, б приведена кривая закона распределения дальности действия РУО  $W(R)$ ; на рис. 1, в – кривая закона обнаружения объекта РУО [2].

Существует несколько основных факторов, которые решающим образом влияют на закономерности изменения дальности действия устройства обнаружения. Например, для радиолокационной станции это мощность передатчика, эффективная площадь антенны, эффективная отражающая поверхность обнаруживаемого объекта, длина волны. К данным факторам также можно отнести и чувствительность приемника отраженного сигнала.



**Рис. 1.** Кривые вероятности обнаружения объекта в зависимости от дальности

При построении и расчете характеристик как охранных систем в целом, так отдельных радиотехнических устройств обнаружения (РУО) и при оценке эффективности поиска и обнаружения объектов одним из важнейших критериев является параметр ожидаемой дальности действия  $R$ . Так, дальность действия РУО в зависимости от его параметров и характеристик объектов может быть определена из основного уравнения радиолокации

$$R = 4 \sqrt{\frac{P_{\text{прд}} G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_{\text{прм}}}} \quad (1)$$

где  $P_{\text{прд}}$  – мощность передачи зондирующего сигнала в сторону обнаруживаемого объекта, Вт;  $G$  – коэффициент усиления прямо-передающей антенны;  $\lambda$  – длина волны излучаемого сигнала, м;  $\sigma$  – эффективная отражающая поверхность (ЭОП) объекта,  $\text{м}^2$ ;  $P_{\text{прм}}$  – чувствительность приемника, Вт.

Обнаружение сигналов в РУО может происходить как по отражению от объекта (режим активной локации), так и по прерыванию сигнала (турникетный режим, режим полуактивной локации). Наиболее распространенным видом являются двухканальные РУО, совмещающие оба принципа обнаружения сигналов.

**Таблица 1**  
**Зависимость помехоустойчивости РУОС от способов модуляции**

$P_{\text{оо}}$	$0,5 \cdot 10^{-1}$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$10^{-6}$	$10^{-8}$	$10^{-10}$
$m_{\text{СПАМ}}$	0,25	0,9	0,91	0,93	0,93	0,94	0,95
$m_{\text{СПЧМ}}$	0,50	1,8	1,82	1,86	1,86	1,88	1,90

$P_{\text{оо}}$  – вероятность оптимального обнаружения объекта  
 $m_{\text{СПАМ}} = U_{\text{см}}/U_{\text{пм}}$  – коэффициент, учитывающий отношение амплитуд полезного сигнала и помехи при амплитудной модуляции сигнала  
 $m_{\text{СПЧМ}} = U_{\text{см}}/U_{\text{пм}}$  – коэффициент, учитывающий отношение тех же амплитуд при частотной модуляции.

В [1] было проведено сравнение помехоустойчивости вероятностей оптимального обнаружения РУОС при различных способах модуляции сигнала. Был сделан вывод, что использование частотной модуляции сигнала дает преимущество в более высокой помехоустойчивости.

В одном из типовых вариантов построения двухканального РУО изображен на рисунке 2. Он состоит из двух каналов:

1. канал прямого сигнала (КПС) – образован передающим устройством и приемником прямого канала (ППК).
2. канал отраженного сигнала (КОС) – образуется тем же передающим устройством и приемником отраженного сигнала (ПОС).

Передающее устройство состоит из генератора модулирующего сигнала (ГМС) и генератора СВЧ сигнала. ПОС и ППК представляют собой простейшие когерентные приемники прямого усиления.

Функционирование РУО осуществляется так: при отсутствии в пределах контролируемой области объекта, в приемную антенну  $A_2$  непрерывно поступает сигнал, который проходит амплитудное детектирование в детекторе АД1. После перемножения с опорным сигналом в перемножителе П1 на выходе интегратора И1, пройдя через фильтр Ф1, образуется напряжение, путем сравнения которого с пороговым уровнем осуществляется контроль работоспособности передающего устройства. Во втором канале функционирование следующее: при появлении в пределах контролируемой области объекта, размеры которого могут значительно превышать расстояние между ним и передающей антенной, в приемную антенну  $A_1$  поступает сигнал. В результате на выходе интегратора И2, пройдя фильтр Ф2, формируется напряжение, по превышению которого над пороговым значением в КОС выносится решение о наличии в контролируемой области объекта. Окончательное решение об обнаружении объекта принимается в решающем устройстве (РУ) [1].

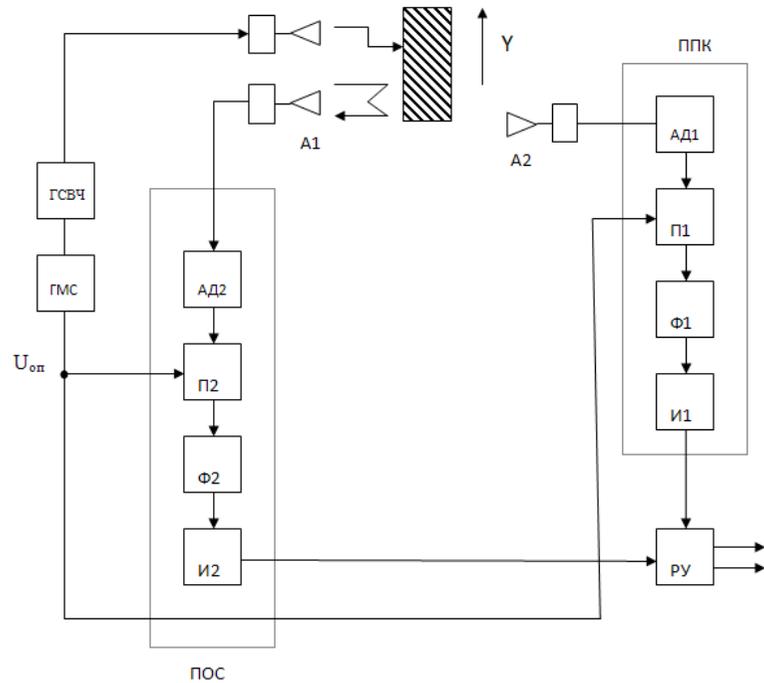


Рис. 2. Структурная схема построения двухканального РУОС

Наиболее распространенным является вариант построения радиотехнических датчиков с преобразованием частоты (рис. 3), когда в качестве гетеродинного сигнала может использоваться часть излучаемого сигнала, который подается в смеситель посредством циркулятора. В смесителе приемника ПОС осуществляется преобразование частоты сигнала, отраженного от объекта. После фильтрации высокочастотных составляющих и амплитудного детектирования (АД) сигнал поступает на интегратор И, подключенный к входу порогового устройства ПУ.

Таким образом, был сделан вывод об оптимальном построении структуры РУО: двухканальная структура системы с частотной модуляцией сигнала и преобразованием принимаемой частоты. Данную структуру, обладающую наилучшими показателями, позволит построить включение в нее преобразователей частоты, обладающих так называемым эффектом повышенной чувствительности. Эффектом повышенной чувствительности (сверхчувствительности) называется эффект, который возникает при каскадном соединении четырехполюсников, например, полосных фильтров второго порядка, один из которых имеет нетипичную (инвертированную) ФЧХ. В режиме повышенной чувствительности девиация частоты генерируемых колебаний во много раз превышает де-

виацию частоты сигнала возбуждения. Этот эффект позволяет реализовать преобразователи девиации частоты (ПДЧ) с коэффициентом преобразования много больше единицы.

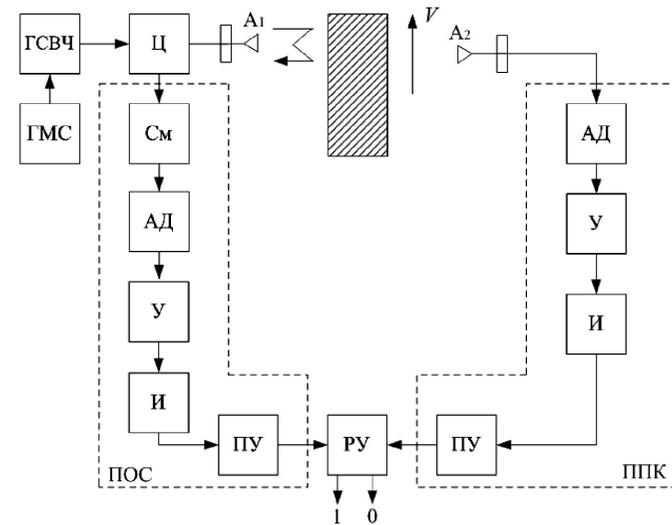


Рис. 3. Структурная схема РУО с преобразованием частоты [1]

Подробные схемы и описание функционирования различных генераторных преобразователей, построенных на основе данного эффекта, приведены в [4]. Приведем в качестве одного из возможных вариантов построения сверхчувствительного элемента системы структурную схему преобразователя девиации частоты на базе комбинационного генератора (рис. 4).

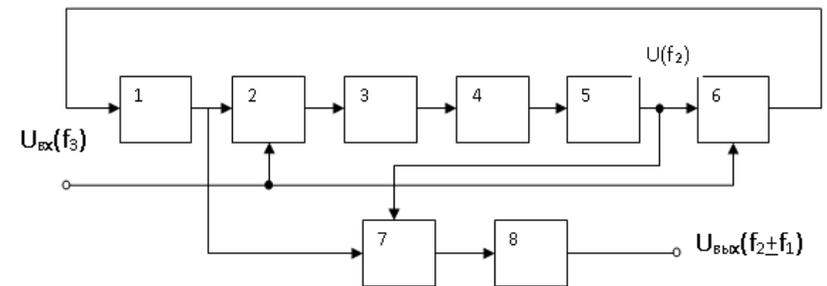


Рис. 4. Структура преобразователя девиации частоты

Преобразователь содержит полосный усилитель 1, имеющий нетипичную ФЧХ, полосные усилители 3, 5 и 8, имеющие типичные ФЧХ, нелинейный усилитель 4, смесители 2, 6 и 7. Внешнее возбуждение  $u_{Вх}(f_3)$  подаётся на вторые входы смесителей 2 и 6. В качестве выходного используется сигнал  $u_{Вых}(f_2 \pm f_1)$  с суммарной или разностной частотой генерируемых автоколебательной системой колебаний. Выходной сигнал выделяется с помощью смесителя 7 и полосного усилителя 8 [4].

Возможные применения данных преобразователей в рассматриваемой структурной схеме РУО:

1. Включение ПДЧ в режиме повышенной чувствительности непосредственно в передающее устройство (рис. 5).

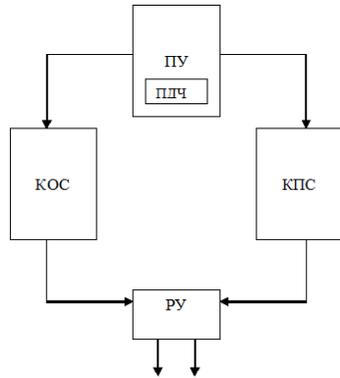


Рис. 5. Функциональная схема РУО с включением преобразователя частоты в передающее устройство

2. Включение преобразователя частоты в режиме повышенной чувствительности на входе приемника отраженного сигнала в варианте схемы РУО с преобразованием частоты.

Данные реализации помогут получить следующие преимущества:

1. Увеличение дальности действия РУО ввиду увеличения частоты передаваемого сигнала, а значит и расстояния между РУО и фиксируемым объектом (параметр  $R_{прд}$  (1)).

2. Увеличение дальности действия РУО ввиду включения в систему сверхчувствительного датчика частоты отраженного сигнала, что поможет зарегистрировать сигнал на большем расстоянии (параметр  $R_{прм}$  (1)).

На рисунке 7 приведены графики зависимости вероятности обнаружения от дальности действия (а) и кривые закона обнаружения объекта РУО после включения в устройство ПДЧ (б).

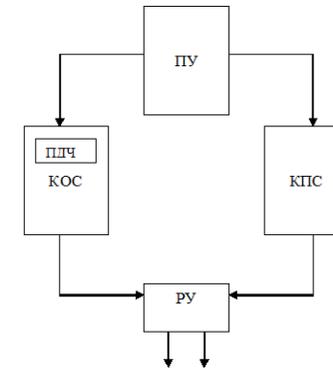


Рис. 6. Функциональная схема РУО с включением преобразователя частоты в приемник отраженного сигнала

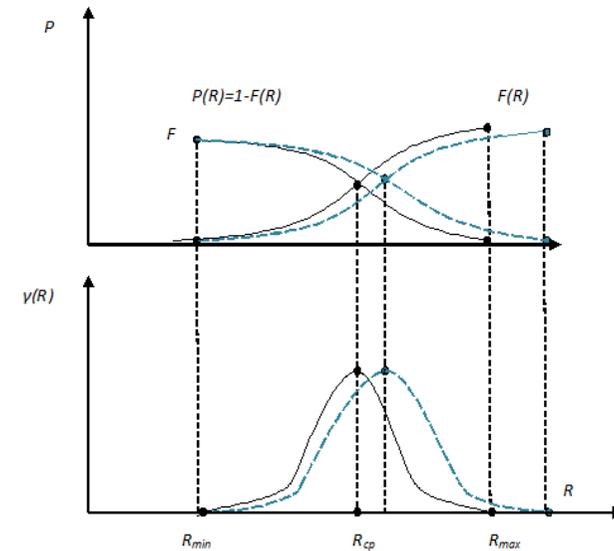


Рис. 7. Графики зависимости вероятности обнаружения от дальности действия (а) и кривые закона обнаружения объекта РУО после включения в устройство ПДЧ (б)

3. Улучшение отношения сигнал/шум ввиду наличия полосных усилителей и фильтров в структуре самого преобразователя.

Таким образом, можно сделать вывод, что включение в системы радиотехнических устройств обнаружения ближнего действия элементов, обладающих

эффектом повышенной чувствительности, в частности, преобразователей частоты, будет являться одним из оптимальных вариантов построения РУО ввиду увеличения дальности действия устройства обнаружения и улучшения соотношения сигнал/шум.

#### Библиографический список

1. Воловач, В. И. Помехоустойчивость типовых вариантов построения радиотехнических устройств охранной сигнализации // Школа университетской науки: парадигма развития, 2010, т. 2, № 1(1). С. 265–270.
2. Воловач, В. И. Законы распределения дальности действия охранной сигнализации и достоверности обнаружения протяженных объектов / В. И. Воловач // Известия Самарского научного центра РАН. — [б. н.], 2006. — С. 51–57. — (Спец. выпуск «Наука – промышленности и сервису»).
3. Воловач, В. И. Решение задачи обнаружения и различения сигналов в радиотехнических устройствах охраны, использующих принципы активной и полупассивной локации / В. И. Воловач, А. А. Попов, А. В. Савенко. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 2. – С. 155-159.
4. Иванов, В.В. Генераторные преобразователи повышенной чувствительности для систем управления и контроля: Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. – Тольятти: ТГУС, 2006. – 278 с.

© Васильева А. С., 2015

УДК 004.021

**И. В. Воробьев\***

*\*Воробьев Илья Владимирович, студент*

*Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области*

*ilya\_vor@mail.ru*

**Д. Ю. Берестнев\***

*\*Берестнев Дмитрий Юрьевич, студент*

*Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области*

*dmitry.berestnev@fib.sfedu.ru*

### МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОДЕКОВ РИДА-СОЛОМОНА НА ПЛИС ФИРМЫ XILINX

*Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, кодер Рида-Соломона, ПЛИС XILINX.*

*В статье рассмотрена методика проектирования кодера Рида-Соломона, выделены основные этапы проектирования с описанием необходимых действий проектировщика кодера, необходимые для достижения оптимального результата.*

Методика проектирования РС-кодеков — набор правил и рекомендаций по проектированию РС-кодеков, определяющих некоторую целесообразную последовательность проектных этапов, выполняемых при создании проектов HDL-описания устройств заданного класса. Методика должна:

- быть направленной на решение конкретной задачи проектирования;
- неформально определять процесс проектирования - процесс получения параметров  $x_1, \dots, x_9$  по заданным параметрам  $a_1, a_2, a_3$  и в условиях ограничений  $Y$ ;
- обеспечивать получение близких к оптимальным (квазиоптимальных) проектных решений  $x_1, \dots, x_9$ ;
- связывать устанавливаемые методикой проектные этапы с методами, выполняемыми при реализации этих этапов, и с инструментальными средствами, автоматизирующими труд проектировщика на каждом из этапов проектирования.[1]

Отметим, что данная методика предписывает проектировщику комбинированное применение методов проектирования «сверху-вниз» и «снизу-вверх» в сочетании с принципами максимальной параметризации проектов РС-кодеков, принципом высокоуровневости HDL-описаний, обеспечивающим высокую повторнопригодность проектов и относительную независимость от специфики элементной базы отдельных семейств ПЛИС.

При создании высокоуровневых параметризованных HDL-описаний типовых блоков РС-кодеков был применён метод проектирования «снизу-вверх». В практическом плане на его базе, с учётом специфики схемотехники ПЛИС типа FPGA, необходимо было разработать HDL-описания (в данном случае это Verilog-описания) модулей типовых арифметических операций в

полях Галуа, в том числе сложения, умножения, деления, возведения в степень и т.п. Важно было получить оценки числа разрядов  $m$  в элементе поля Галуа и примитивного полинома  $p(x)$ , по которому упорядочиваются элементы поля.

Последовательность этапов процесса автоматизированного проектирования РС-кодеков и решаемые на них задачи с предлагаемыми средствами их поддержки, иллюстрируется на рисунке 1. В качестве примера, приведена IDEF-диаграмма (типа IDEF0 — IntegrationDefinitionforFunctionModeling процесса проектирования РС-кодеков применительно к проектированию РС-декодера.[2]

Каждый прямоугольник (см. рисунок 1) описывает проектное действие или функцию. Номер в правом верхнем углу прямоугольника определяет номер этапа проектирования. Левая стрелка каждого прямоугольника указывает входные данные, правая — выходные данные, верхняя — информация управляющая функцией и нижняя стрелка — механизм или ресурс, используемый данной функцией. Под термином HDL-библиотека понимается библиотека описаний типовых узлов и блоков РС-кодеков. Отметим, что в прямоугольнике 2 нужно: вычислить параметр  $q$  (параметр множителя поля Галуа, соответствующий коэффициентам примитивного полинома  $p(x)$ ) и таблицы функций инверсии и возведения элементов поля Галуа в степень  $(2t+b)$ .

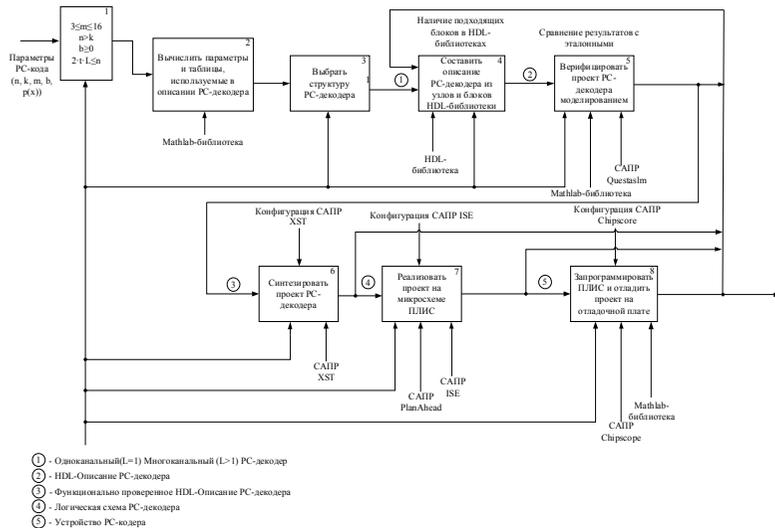


Рис.1. - IDEF-диаграмма процесса автоматизированного проектирования РС-кодеков

Для РС-кодера выполняются те же этапы проектирования, но в прямоугольнике

нужно вычислить только параметры:  $q$  и  $G$  — коэффициенты порождающего полинома  $G(X)$ .

На рисунке 1 можно выделить следующие этапы:

**Структурный этап** (прямоугольники 1-4) включает:

проверку параметров РС-кода ( $n, k, m, b$ ) в соответствии с заданными в прямоугольнике 1 ограничениями, расчёт параметров и таблиц (прямоугольник 2), используемых в узлах и блоках РС-кодека и зависящих от параметров РС-кода ( $n, k, t, b, p(x)$ ) с помощью MATLAB-библиотеки;

выбор структуры РС-кодека (прямоугольник 3), анализ и оценка вариантов: одноканальный, многоканальный без конвейера и многоканальный с конвейером;

разбиение проекта РС-кодека на блоки и модули по основным алгоритмам и функциям, (прямоугольник 4), анализ возможности использования типовых узлов и блоков РС-кодека из HDL-библиотеки. Параметризованность описаний блоков и узлов позволяет легко настроить их на нужный РС-код. Это выполняется путём изменения значений параметров  $n, k, m, t, b, p(x)$  и  $G(x)$  в HDL-описаниях, что существенно снижает стоимостно-временные показатели процесса проектирования. Если в HDL-библиотеке нужный блок отсутствует (например в настоящее время в HDL-библиотеке нет блока, реализующего классический вариант алгоритма Берлекэмп-Мессис) или схематехнические характеристики имеющегося блока не подходят, придётся перейти к этапу его функционально-алгоритмического проектирования. Расчёт параметров для включаемых блоков и подблоков реализуется функциями MATLAB-библиотеки;

интеграцию типовых блоков для создания модуля верхнего уровня — РС-кодека (прямоугольник 4).

**Функционально-алгоритмический этап** включает:

выбор алгоритмов нестандартных (в смысле отсутствия в HDL-библиотеке predetermined blocks с нужными параметрами) блоков РС-кодека. Если в составе HDL-библиотеки нет подходящего блока или модификация имеющегося блока затруднительна, предстоит выбор алгоритма блока РС-кодека и оценка способа его аппаратной реализации с точки зрения сложности аппаратуры  $S$  в базе типовых узлов, выполняющих операции в поле Галуа из HDL-библиотеки (сумматор, множитель, возведение в степень, вычисление инверсии и т.п.) и оценка задержек критического пути в создаваемом блоке. Проектирование нестандартных блоков по возможности производится в элементном базисе имеющихся в HDL-библиотеке описаний типовых узлов, выполняющих операции в поле Галуа. Однако, если узел с нужными параметрами задержек и сложности аппаратуры в HDL-библиотеке отсутствует, придётся выполнить его проектирование заново с учётом общих рекомендаций по проектированию на ПЛИС. [3]

верификацию и включение блока в HDL-библиотеку.

**Этап функциональной верификации проекта** (прямоугольник 5). Верификация упрощается за счёт использования в тестирующей программе эталонных значений типовых моделей алгоритмов узлов, блоков, подблоков

РС-кодека, полученных с помощью функций MATLAB-библиотеки. Результатом этого этапа является функционально проверенные описания нестандартных блоков и подблоков РС-кодека.

**Этапы синтеза проекта** (прямоугольник 6) **и реализации в заданном проектировщиком элементом базисе и конструктиве.** Эти этапы идут по стандартной процедуре соответствующей САПР:

реализация проекта (конструкторское проектирование — размещение и трассировка), размещение входных и выходных портов устройства на ПЛИС, оценка задержек критического пути с учётом задержек в соединениях (прямоугольник 7);

посттрассировочное (временное) моделирование (прямоугольник 7); физическая верификация проекта на отладочной плате с использованием повторной отладкой.

при наличии ошибок в случае использования нестандартных блоков (не принадлежащих HDL-библиотеке) нужно модифицировать их HDL-описания с повторной отладкой.

Использование методики рассмотренной в данной статье не ограничивается проектированием декодеров Рида-Соломона и может быть использована для проектирования других помехоустойчивых декодеров.

#### Библиографический список

1. Тайлеб-Мазуз Н. Параметризованный проект высокоскоростного многоканального декодера кода Рида-Соломона // Вестник МЭИ. -М.: Издательский дом МЭИ, 2011. № 5, -С 112-117.
  2. Iliev N., Stine J., Juchimiec N. Digital Finite-Field for Reed-Solomon channel codes in GF(2A8) with programmable basis polynomial, IIT VLSI LAB, 2003.
  3. П. Б. Хорев Классы для дополнительных криптографических алгоритмов и их использование в приложениях на языке с# // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2014) : сб. статей IV международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2014. – 272 с.
  4. Тайлеб Н., Поляков А.К., Тайлеб М. Библиотека VERILOG - описаний арифметических операций в поле Галуа // Современная Электроника. -М.: СТА- ПРЕСС, 2007. № 5, -С. 46-48.
  5. Блэйхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. Пер. с англ. - М.: Мир, 1986.
- XILINX Inc. Reed Solomon Decoder - DS 252 (v. 5.1). - San Jose U.S.A., 2005.

© Воробьев И. В., Берестнев Д. Ю., 2015

УДК 519.68:15:681.5

**Л. В. Герасименко\***

*\*Герасименко Леонид Витальевич, аспирант*

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса*  
LVGer@yandex.ru

**Б. С. Головченко\***

*\*Головченко Борис Сергеевич, аспирант*

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса*  
boris.golovchenko@vvsu.ru

### ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

*Ключевые слова: управление движением судов, траектория движения, моделирование траектории, интерполяция данных, навигационная безопасность.*

*В статье рассматривается задача моделирования траектории движения судна. Обсуждается проблема интерполяции данных траектории. Показано, что получаемые данные характеризуются большой разрежённостью. Сформулирован вывод о необходимости применения особой модели, сочетающей отрезки прямолинейного и маневренного движения. Приводятся расчетные формулы, позволяющие получить значительный объем интерполированных данных, которые могут использоваться для исследований при разработке перспективных технологий обеспечения навигационной безопасности.*

*Работа поддержана грантом РФФИ, проект 15-08-00234*

Обеспечение безопасности коллективного движения судов в акватории морских портов представляет собой самостоятельный раздел науки об управлении. На практике эта задача решается специализированными техническими средствами – системами управления движением судов (СУДС).

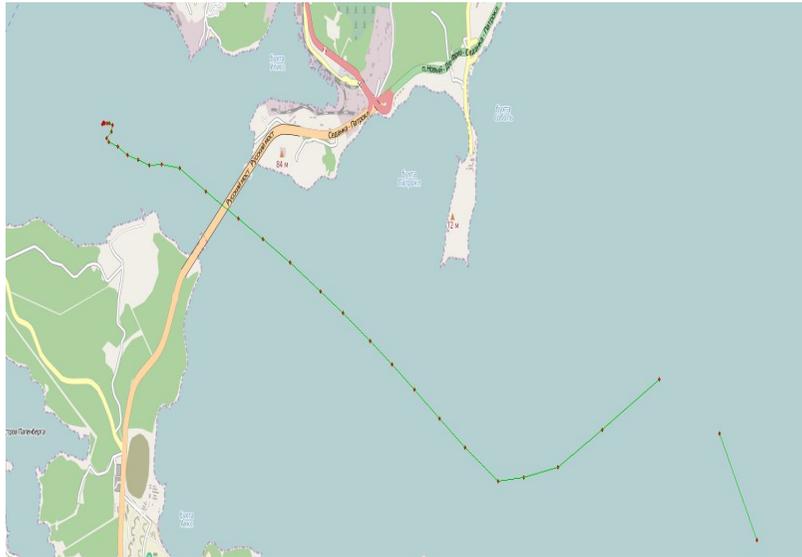
Разработка эффективных алгоритмов навигации и управления, обеспечивающих максимальную безопасность движения судов, является актуальной инженерной и научной проблемой, привлекает внимание значительного количества исследователей [1-5].

Вывод о применимости, эффективности и надежности того или иного метода обеспечения безопасности движения может быть сделан по результатам экспериментов. Постановка натурных экспериментов, связанных с движением судов, как правило, ведёт к значительным временным, организационным и материальным затратам; нередко такие натурные эксперименты вообще не осуществимы. Поэтому как в исследовательской работе, так и при отладке конкретных СУДС, зачастую прибегают к вычислительным экспериментам и моделированию движения судов [3, 5].

Моделирование движения в принципе решает задачу оценки работы алгоритмов в типичных ситуациях. Вместе с тем, при отработке алгоритмов, связанных с коллективным движением, важно «проиграть» их работу в ситуациях, характерных для конкретной акватории. Простое моделирование траекторий

движения судов, даже с привлечением экспертов (судоводителей, диспетчеров), не может гарантировать полноту вычислительного эксперимента. Это является побудительным мотивом создания базы данных, хранящей ретроспективную информацию о реальном движении судов на той или иной акватории и использования её при изучении работы алгоритмов СУДС.

Ещё один аспект использования данных о реальном движении судов - обучение интеллектуальных подсистем СУДС [5-9]. Зачастую только таким способом можно обеспечить валидность их настраиваемых параметров.



**Рис. 1.** Пример точек траектории судна, движущегося в проливе Босфор Восточный. Красные точки – координаты судна, полученные с сайта <http://www.marinetraffic.com>. Судно начинает движение в проливе (слева направо) и выходит в Уссурийский залив

Для исследования задач коллективного движения судов требуются наборы данных, содержащие координаты, курсы и скорости нескольких судов, одновременно движущихся и оказывающих влияние на безопасность движения друг друга, то есть расположенных на одной акватории. Требуются непрерывные выборки данных продолжительностью порядка 1 часа и более с небольшим интервалом между положениями судов (не более 5-10 секунд). Кроме того, учитывая типичные размеры судов, точность определения координат должна быть не хуже нескольких десятков метров [7, 9].

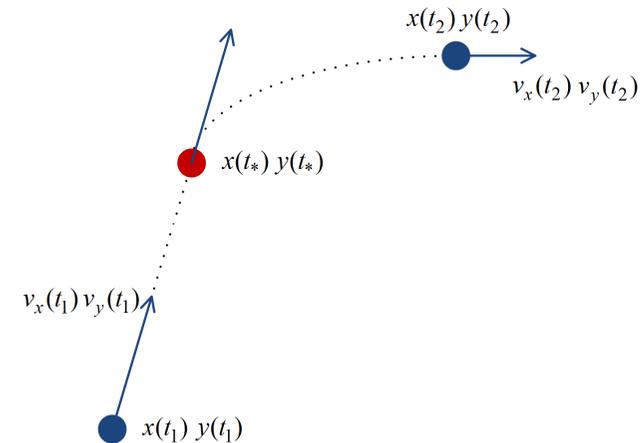
В работе [10] авторами был предложен подход к сбору и хранению данных трафика морской акватории, состоящий в использовании открытых интернет-источников (например, <http://www.marinetraffic.com>). На рисунке 1 показан

полученный таким образом пример траектории движения судна в акватории, прилегающей к порту Владивосток.

Проблемой, возникающей при использовании данных с такого рода ресурсов, является чрезмерная разреженность данных (например, на <http://www.marinetraffic.com> координаты судов обновляются не чаще одного раза в минуту). Для получения данных о движении судна с большей частотой необходимо прибегнуть к их интерполяции. При этом такая интерполяция требует восстановления не просто геометрии траектории, а учета реальной специфики движения судов, состоящей в сочетании прямолинейных и маневренных участков движения. В связи с этим широко известные методы интерполяции (например, полиномиальная интерполяция или интерполяция сплайнами) в рассматриваемой задаче не применимы. Это является побудительным мотивом разработки модели интерполяции траектории движения судов на основе набора данных о координатах, скоростях и курсах движения судов.

**Основные модельные представления.** Исходными данными модели является набор из  $i$  точек, в которых известны координаты и компоненты вектора скорости движения судна  $x(t_i)$ ,  $y(t_i)$ ,  $v_x(t_i)$ ,  $v_y(t_i)$ . Разобьем каждый отрезок траектории на два участка: участок прямолинейного и равномерного движения и участок равноускоренного движения.

Рассмотрим один из отрезков траектории (рис. 2). Не теряя общности, будем считать, что из точки  $x(t_1)$ ,  $y(t_1)$  в точку  $x(t_*)$ ,  $y(t_*)$  судно движется прямолинейно и равномерно со скоростью  $v_x(t_1)$ ,  $v_y(t_1)$ . Из точки  $x(t_*)$ ,  $y(t_*)$  судно начинает движение со скоростью  $v_x(t_1)$ ,  $v_y(t_1)$  и движется равноускорено в точку  $x(t_2)$ ,  $y(t_2)$ , достигая при этом скорости  $v_x(t_2)$ ,  $v_y(t_2)$ .



**Рис. 2.** Модельные представления траектории движения судна

Пунктирной линией обозначена траектория движения, синими стрелками – векторы скорости. Синими точками отмечены известные величины, красной точкой – неизвестные.

Величины  $x(t_1)$ ,  $y(t_1)$ ,  $v_x(t_1)$ ,  $v_y(t_1)$ ,  $x(t_2)$ ,  $y(t_2)$ ,  $v_x(t_2)$ ,  $v_y(t_2)$  – известны. Величины  $x(t_*)$ ,  $y(t_*)$ ,  $t_1$ ,  $t_*$ ,  $t_2$  – неизвестны. Имеют место следующие уравнения:

$$\begin{aligned}x(t_*) &= x(t_1) + v_x(t_1)(t_* - t_1), \\y(t_*) &= y(t_1) + v_y(t_1)(t_* - t_1), \\x(t_2) &= x(t_*) + v_x(t_1)(t_2 - t_*) + \frac{a_x(t_2 - t_*)^2}{2}, \\y(t_2) &= y(t_*) + v_y(t_1)(t_2 - t_*) + \frac{a_y(t_2 - t_*)^2}{2}.\end{aligned}$$

Где

$$\begin{aligned}a_x &= \frac{v_x(t_2) - v_x(t_1)}{t_2 - t_*}, \\a_y &= \frac{v_y(t_2) - v_y(t_1)}{t_2 - t_*}.\end{aligned}$$

Полагая для определённости, что  $t_1 = 0$  и подставляя последние два уравнения в первую систему, получим следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$As = b, \quad (1)$$

где

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -v_x(t_1) & 0 \\ 0 & 1 & -v_y(t_1) & 0 \\ 1 & 0 & -(v_x(t_1) + v_x(t_2))/2 & (v_x(t_1) + v_x(t_2))/2 \\ 0 & 1 & -(v_y(t_1) + v_y(t_2))/2 & (v_y(t_1) + v_y(t_2))/2 \end{bmatrix}, \quad s = \begin{bmatrix} x(t_*) \\ y(t_*) \\ t_* \\ t_2 \end{bmatrix},$$

$$b = \begin{bmatrix} x(t_1) \\ y(t_1) \\ x(t_2) \\ y(t_2) \end{bmatrix}.$$

Решая систему уравнений (1), получим полный набор параметров для интерполяции данных траектории движения судна с любой частотой на отрезке движения из точки  $x(t_1)$ ,  $y(t_1)$  в точку  $x(t_2)$ ,  $y(t_2)$ . Случаи, когда система уравнений (1) вырождена соответствуют исключительным ситуациям, при которых описанная модель не может быть использована. Например, когда скорость движения судна равна 0.

Полученные в результате использования модели данные о траекториях движения судов будут использованы для исследований в области разработки перспективных технологий обеспечения навигационной безопасности коллективного движения судов.

#### Библиографический список

1. Гриняк В.М., Трофимов М.В. Имитационное моделирование задачи сопровождения траектории движущегося объекта // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. - 2012. - №2. - С. 397-404.
2. Некрасов С.Н., Капустин И.В., Старов М.С. Оценка и прогнозирование опасных навигационных ситуаций // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова – 2013. - №2. – С. 98-100.
3. Мироненко А.А. Модель программного движения судна в стеснённых водах // Мехатроника, автоматизация, управление – 2013. - №2. – С. 65-70.
4. Девятисильный А.С., Гриняк В.М. Нейро-нечеткая модель сопровождения траектории судна обзорной РЛС // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2013. - №8. – С. 14-21.
5. Девятисильный А.С., Гриняк В.М. Нейро-нечеткая обучаемая система распознавания воздушных объектов // Информационные технологии. – 2013. - №11. – С. 58-63.
6. Девятисильный А.С., Гриняк В.М. Классификация движущихся объектов типа «надводный-воздушный» в лингвистических переменных // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. – 2013. - №11. - С. 20-25.
7. Девятисильный А.С., Гриняк В.М. Нечеткая система распознавания опасного сближения судов на морских акваториях // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2014. - №11. - С. 36-42.
8. Девятисильный А.С., Гриняк В.М. Нечеткая система экспертных оценок характера движения судна // Информационные технологии. – 2012. - №8. – С. 66-70.
9. Гриняк В.М. Нечеткая система распознавания опасного сближения морских судов // Транспорт: наука, техника, управление. – 2014. - №6. – С. 6-10.
10. Головченко Б.С. Сбор данных о движении судов с сайта marinetraffic.com // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. - 2013. - №3. - С. 74-81.

© Герасименко Л. В., Головченко Б. С., 2015

УДК 519.872

**Р. Ф. Гильмутдинов\****\*Гильмутдинов Руслан Фаридович, старший преподаватель**Казанский национальный исследовательский технологический университет  
ruslan.faridovich.gilmutdinov@yandex.ru***А. П. Кирпичников\****\*Кирпичников Александр Петрович, д.ф.-м.н., профессор**Казанский национальный исследовательский технологический университет  
kirpichnikov@kstu.ru***ЗАМКНУТЫЕ МНОГОКАНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОТКАЗАМИ**

*Ключевые слова: Система массового обслуживания, поток требований, очередь, обслуживающее устройство.*

*Представлена математическая модель замкнутой многоканальной системы массового обслуживания с отказами. Проведена подробная математическая формализация модели и вычислены вторые нулевой и центральный моменты числа требований, одновременно находящихся под обслуживанием.*

Модель системы массового обслуживания (СМО), представленную в настоящей работе, можно назвать замкнутой версией модели Эрланга [1]. Соответствующий граф состояний имеет вид, изображенный на рис. 1. Мы будем считать, что  $N \geq m$ , в этом случае требования, поступившие в систему тогда, когда в ней уже имеется  $m$  требований, теряются и возвращаются обратно в источник, то есть в группу поступающих так, как будто бы они были полностью обслужены, в итоге очередь в системе отсутствует. В символике Кендалла данная СМО имеет очевидное обозначение М/М/м/0/Ν. Ясно также, что для этой модели  $p_{ожид} = 0$ .

Решение уравнений Колмогорова в этом случае имеет вид распределения Энгсета [1, 2]

$$p_k = \frac{N^{[k]} \rho^k}{k!} p_0 = C_N^k \rho^k p_0, \quad p_0 = 1 / \sum_{k=0}^m \frac{N^{[k]} \rho^k}{k!}$$

в котором  $N^{[k]}$  – факториальные многочлены или обобщённые степени [3, 4].

**Числовые характеристики установившегося режима**

Вероятность отказа в данном случае находится из балансового соотношения

$$\frac{N - \bar{m}}{N} p_{отк} = \frac{N - m}{N} p_m,$$

откуда имеем

$$p_{отк} = \frac{N - m}{N - m} p_m = \frac{N - m}{N - m} \frac{N^{[m]} \rho^m}{m!} p_0. \quad (1)$$

Вероятность обслуживания

$$\begin{aligned} p_{обсл} &= \frac{1}{N - m} \sum_{k=0}^{m-1} (N - k) p_k = \\ &= \frac{p_0}{N - m} \sum_{k=0}^{m-1} (N - k) \frac{N^{[k]} \rho^k}{k!} = \\ &= \frac{p_0}{\rho(N - m)} \sum_{k=0}^{m-1} (k + 1) \frac{N^{[k+1]} \rho^{k+1}}{(k + 1)!} = \frac{1}{\rho(N - m)} \sum_{k=0}^m k p_k = \\ &= \frac{\bar{m}}{\rho(N - m)}, \end{aligned} \quad (2)$$

относительная пропускная способность, как всегда,  $q = 1 - p_{отк}$ . Абсолютная пропускная способность в этом случае, очевидно,

$$\begin{aligned} A &= \lambda(N - \bar{m})q = \\ &= \lambda(N - \bar{m})(1 - p_{отк}) = \lambda[N - \bar{m} - (N - m)p_m]. \end{aligned}$$

Приведем еще один, более строгий, а иногда и более удобный, вывод этого же соотношения:

$$\begin{aligned}
A &= \sum_{k=0}^{m-1} \lambda_k p_k = \lambda \sum_{k=0}^{m-1} (N-k) p_k = \\
&= \lambda \left[ \sum_{k=0}^m (N-k) p_k - (N-m) p_m \right] = \\
&= \lambda [N - \bar{m} - (N-m) p_m]. \quad (3)
\end{aligned}$$

Заметим, что для открытых систем массового обслуживания с потерями  $\lambda_k = \lambda = \text{const}$  и последнее выражение переходит в известное решение

$$\begin{aligned}
A &= \sum_{k=0}^{m-1} \lambda_k p_k = \lambda \sum_{k=0}^{m-1} p_k = \lambda \left( \sum_{k=0}^m p_k - p_m \right) = \\
&= \lambda (1 - p_{\text{отк}})
\end{aligned}$$

Среднее число требований, одновременно находящихся под обслуживанием (среднее число занятых линий),

$$\begin{aligned}
\bar{m} &= \sum_{k=0}^m k p_k = N \sum_{k=0}^m p_k - \sum_{k=0}^m (N-k) p_k = \\
&= N - (N-m) p_m - \sum_{k=0}^{m-1} (N-k) p_k = \\
&= N - (N-m) p_m - p_0 \sum_{k=0}^{m-1} (N-k) \frac{N^{[k]} \rho^k}{k!} = \\
&= N - (N-m) p_m - \frac{p_0}{\rho} \sum_{k=0}^{m-1} (k+1) \frac{N^{[k+1]} \rho^{k+1}}{(k+1)!} =
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= N - (N-m) p_m - \frac{p_0}{\rho} \sum_{k=0}^m k \frac{N^{[k]} \rho^k}{k!} = \\
&= N - (N-m) p_m - \frac{1}{\rho} \sum_{k=0}^m k p_k = \\
&= N - (N-m) p_m - \frac{\bar{m}}{\rho}. \quad (4)
\end{aligned}$$

Этот же результат можно получить и непосредственно из формулы (3), поскольку

$$\bar{m} = \frac{A}{\mu} = \rho [N - \bar{m} - (N-m) p_m].$$

Отсюда

$$\begin{aligned}
\bar{m} &= \frac{\rho N}{1 + \rho} \left( 1 - \frac{N-m}{N} p_m \right) = \\
&= \bar{m}(\bar{i}=0) \left( 1 - \frac{N-m}{N} p_m \right). \quad (5)
\end{aligned}$$

При этом, очевидно,

$$\begin{aligned}
p_{\text{обсл}} &= \frac{\bar{m}}{\rho(N-\bar{m})} = \frac{\bar{m}}{m + \rho(N-m)p_m}; \\
p_{\text{отк}} &= \frac{\rho(N-m)}{m + \rho(N-m)p_m} p_m.
\end{aligned}$$

Как и следовало ожидать, при  $m=N$  соотношение (5) переходит в формулу [5]

$$\bar{m}(\bar{l}=0) = \frac{\rho N}{1+\rho},$$

а зависимость (3) – в зависимость  $A(\bar{l}=0) = \lambda N / (1+\rho)$ . При  $m=N$  имеем  $p_{отк} = 0$ ,  $p_{обсл} = 1$ . С помощью полученных соотношений легко проверить справедливость формул (1) и (2):

$$p_{отк} + p_{обсл} = \frac{(N-m)p_m + \bar{m}/\rho}{N-m} = 1.$$

Для формулы второго нулевого момента имеем

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^m k^2 p_k &= \sum_{k=0}^m (k-N+N)k p_k = \\ &= N \sum_{k=0}^m k p_k - \sum_{k=0}^{m-1} (N-k)k p_k - (N-m)m p_m = \\ &= N\bar{m} - \sum_{k=0}^{m-1} (N-k)k p_k - (N-m)m p_m = \\ &= N\bar{m} - p_0 \sum_{k=0}^{m-1} (N-k)k \frac{N^{[k]} \rho^k}{k!} - (N-m)m p_m = \\ &= N\bar{m} - \frac{p_0}{\rho} \sum_{k=0}^{m-1} (k+1-1)(k+1) \frac{N^{[k+1]} \rho^{k+1}}{(k+1)!} - \\ &\quad - (N-m)m p_m = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= N\bar{m} - \frac{p_0}{\rho} \sum_{k=0}^{m-1} (k+1)^2 \frac{N^{[k+1]} \rho^{k+1}}{(k+1)!} + \\ &\quad + \frac{p_0}{\rho} \sum_{k=0}^{m-1} (k+1) \frac{N^{[k+1]} \rho^{k+1}}{(k+1)!} - \\ &\quad - (N-m)m p_m = N\bar{m} - \frac{1}{\rho} \sum_{k=0}^m k^2 p_k + \\ &\quad + \frac{1}{\rho} \sum_{k=0}^m k p_k - (N-m)m p_m = \\ &= N\bar{m} - \frac{1}{\rho} \sum_{k=0}^m k^2 p_k + \frac{\bar{m}}{\rho} - (N-m)m p_m, \end{aligned}$$

откуда

$$\sum_{k=0}^m k^2 p_k = \frac{\rho N \bar{m} + \bar{m} - \rho(N-m)m p_m}{1+\rho},$$

и тогда второй центральный момент

$$\sigma_m^2 = \sum_{k=0}^m k^2 p_k - \bar{m}^2 = \frac{\bar{m} - \rho(N-m)(m-\bar{m})p_m}{1+\rho}. \quad (6)$$

При  $m=N$   $\sigma_m^2 = \rho N / (1+\rho)^2$  в соответствии с результатами [5]. Заметим, что формулу (6) можно получить, конечно, и по алгоритму, предложенному в работе [5]. В этом случае  $\sum_{k=1}^m k p_k = \bar{m}$ , и тогда параметр

$$\zeta = \frac{\rho N (m-\bar{m}) - \bar{m}}{1+\rho}, \text{ так что}$$

$$\sigma_m^2 = \bar{m}(m - \bar{m}) - \zeta = \bar{m}(m - \bar{m}) + \frac{\bar{m} - \rho N(m - \bar{m})}{1 + \rho} = \frac{\bar{m}}{1 + \rho} + (m - \bar{m}) \left( \frac{\bar{m} - \rho N}{1 + \rho} \right).$$

Зависимость (6) получается из этой формулы простой подстановкой во второй сомножитель последнего слагаемого соотношения (5).

Для данной модели среднее время обслуживания требования одним каналом  $\bar{t}_{обсл} = 1/\mu$  ( $= \bar{m}/A$ ), дисперсия времени обслуживания  $\sigma_{обсл}^2 = 1/\mu^2$ .

#### Библиографический список

1. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложения / – М.: Мир, 1965.
2. Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения / – М.: Советское радио, 1971.
3. Сачков В.Н. Комбинаторные методы дискретной математики – М.: Наука, 1977, 384с.
4. Кирпичников А.П. Прикладная теория массового обслуживания. Казань: Издательство Казанского гос.ун-та, 2008.
5. Гильмутдинов Р.Ф., Кирпичников А.П. Многоканальные системы массового обслуживания замкнутого типа // Вестник Казанского государственного технологического университета – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2012 - № 8 - С.326-331 .

© Гильмутдинов Р. Ф., Кирпичников А. П., 2015

УДК 534.2

А. Г. Глуценко\*

\*Глуценко Александр Григорьевич, д.ф.-м.н., профессор

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара

nik-098@yandex.ru

Е. С. Устинова\*

\*Устинова Елена Сергеевна, старший преподаватель

Поволжский государственный университет сервиса, г.Тольятти

nik-098@yandex.ru

### ОТРАЖЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН ОТ ПОДВИЖНОЙ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА НЕВЗАИМНЫХ СРЕД

Ключевые слова: акустическая среда, невзаимные среды, подвижный слой, эффект Доплера, стоячие волны.

Рассмотрены особенности интерференции прямых и обратных волн в невзаимной среде. Показано, что хорошо известные стоячие волны являются частным случаем пространственно модулированного волнового процесса в невзаимных структурах и средах. Невзаимность параметров приводит к изменению расстояний между узлами и между пучностями. Вместо синфазного колебательного процесса в точках стоячей волны, расположенных между соседними узлами, наблюдается волновой процесс.

При отражении волн от движущейся границы раздела сред наблюдается изменение частоты (эффект Доплера), рассмотренное многими авторами. Движение сред сопровождается увлечением ими волновых процессов, что приводит к невзаимности параметров сред для прямых и обратных волн и к существенному изменению физических свойств структуры. Рассмотрим особенности отражения волн от подвижной границы раздела сред, которые также могут двигаться в общем случае с различными скоростями.

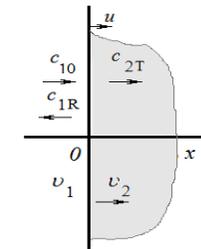


Рис. 1. Отражение волн от подвижной границы раздела движущихся сред

Пусть плоская граница раздела двух сред движется с постоянной скоростью  $u$  вдоль оси  $Ox$  (рис.1.), а её координата описывается зависимостью

$x = ut$ . Слева от границы расположена акустическая среда, характеризуемая плотностью  $\rho_1$  и скоростью волн  $c_1$ , справа – среда с параметрами  $\rho_2, c_2$ . Пусть обе эти среды могут двигаться вдоль оси  $Ox$  со скоростями  $v_1$  и  $v_2$  соответственно. Скорость распространения звуковых волн вдоль оси  $Ox$  в первой среде равна  $c_{10} = c_1 + v_1$ , в противоположном направлении скорость равна  $c_{1R} = c_1 - v_1$ . Во второй среде волны распространяются вдоль оси  $Ox$  со скоростью  $c_{2T} = c_2 + v_2$ . Давление падающей, отраженной и прошедшей через границу раздела сред гармонической волны описывается в виде:

$$p_{10} = A_{10} \exp[i(\omega t - k_{10}x)] = A_{10} \exp\left[i\omega\left(t - \frac{x}{c_{10}}\right)\right], \quad (1)$$

$$p_{1R} = A_{1R} \exp[i(\omega_1 t + k_{1R}x)] = A_{1R} \exp\left[i\omega_1\left(t + \frac{x}{c_{1R}}\right)\right], \quad (2)$$

$$p_{2T} = A_{2T} \exp[i(\omega_2 t - k_{2T}x)] = A_{2T} \exp\left[i\omega_2\left(t - \frac{x}{c_{2T}}\right)\right]. \quad (3)$$

Функции  $p_{10}, p_{1R}, p_{2T}$  удовлетворяют волновому уравнению, а также должны удовлетворять граничным условиям на подвижной границе раздела сред:

$$p_{10} + p_{1R} = p_{2T}, \quad (4)$$

$$v_{10x} + v_{1Rx} = v_{2Tx}, \quad (5)$$

координата которой описывается зависимостью  $x = ut$ . Подстановка искомым решений в первое граничное условие дает соотношение:

$$A_{10} \exp\left[i\omega t \left(1 - \frac{u}{c_{10}}\right)\right] + A_{1R} \exp\left[i\omega_1 t \left(1 + \frac{u}{c_{1R}}\right)\right] = A_{2T} \exp\left[i\omega_2 t \left(1 - \frac{u}{c_{2T}}\right)\right]. \quad (6)$$

Это соотношения должны выполняться для любого момента времени  $t$ . Это можно обеспечить только при условии:

$$\omega\left(1 - \frac{u}{c_{10}}\right) = \omega_1\left(1 + \frac{u}{c_{1R}}\right) = \omega_2\left(1 - \frac{u}{c_{2T}}\right), \quad (7)$$

когда частоты  $\omega_1, \omega_2$  - отраженной и прошедшей через границу раздела сред волн отличаются от частоты падающей волны и зависят как от скорости движения границы раздела сред  $u$ , так и от скоростей движения сред  $v_1$  и  $v_2$ . В частном случае подвижной границы раздела и неподвижных сред имеем известные соотношения:

$$\omega_1 = \frac{c_1 - u}{c_1 + u} \omega, \quad \omega_2 = \frac{c_1 - u}{c_2 - u} \omega \quad (8)$$

Если граница движется в направлении распространения падающей волны (скорости  $u$  и  $c_{10}$  по направлению совпадают), то частота отраженного сигнала меньше частоты падающей волны  $\omega_1 < \omega$ ; если граница движется навстречу падающей волне, то  $\omega_1 > \omega$ . Частота прошедшего сигнала может быть больше или меньше  $\omega$  в зависимости от соотношения скоростей сигнала в первой и второй средах:  $c_{10}/c_{2T}$ . При  $c_{10}/c_{2T} > 1$  и скорости движения границы, меньшей скоростей волн в обеих средах:  $u < c_{10}, c_{2T}$  частота прошедшего сигнала  $\omega_2 > \omega$ . Частоты отраженного и прошедшего границу раздела сред волн могут быть представлены в виде:

$$\omega_1 = \omega \frac{\left(1 - \frac{u}{c_{10}}\right)}{\left(1 + \frac{u}{c_{1R}}\right)} = \frac{c_1 + v_1 - u}{c_1 + v_1} \frac{(c_1 - v_1)\omega}{c_1 - v_1 + u}, \quad (9)$$

$$\omega_2 = \omega \frac{\left(1 - \frac{u}{c_{10}}\right)}{\left(1 - \frac{u}{c_{2T}}\right)} = \frac{c_1 + v_1 - u}{c_1 + v_1} \frac{(c_2 + v_2)\omega}{c_2 + v_2 - u}.$$

На рис. 2, а, б показаны зависимости частоты отраженной волны от скорости движения границы раздела при различных скоростях среды. Наибольшее влияние движение среды на частоту отраженных волн наблюдается при скоростях, сопоставимых со скоростью распространения волн в среде.

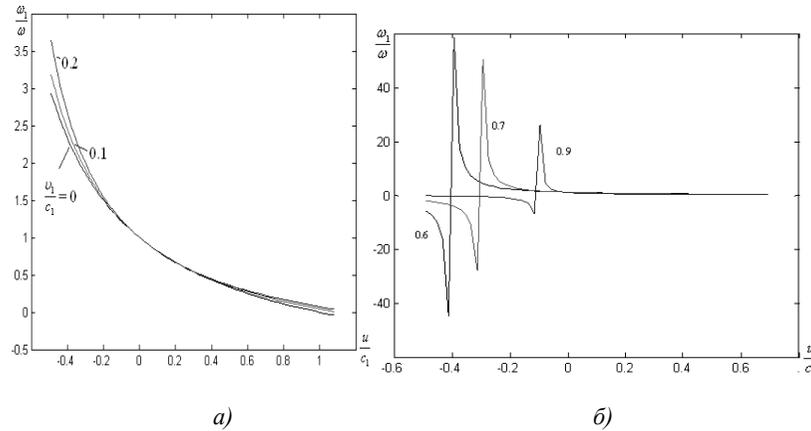
Учет граничных условий при  $x = ut$  дает систему уравнений для определения амплитуд отраженной  $A_{1R}$  и прошедшей  $A_{2T}$  волн:

$$A_{10} + A_{1R} = A_{2T}, \quad (10)$$

$$-\frac{k_{10}}{\rho_1} A_{10} + \frac{k_{1R}}{\rho_1} A_{1R} = -\frac{k_{2T}}{\rho_2} A_{2T}.$$

Коэффициент отражения

$$R = \frac{A_{1R}}{A_{10}} = \frac{\rho_2 k_{10} - \rho_1 k_{2T}}{\rho_2 k_{1R} + \rho_1 k_{2T}} = \frac{\frac{\rho_2}{c_1 + v_1 - u} - \frac{\rho_1}{c_2 + v_2 - u}}{\frac{\rho_2}{c_1 - v_1 + u} + \frac{\rho_1}{c_2 + v_2 - u}}. \quad (11)$$



**Рис. 2.** Частота отраженной волны в зависимости от относительной скорости движения границы для малой (а) и большой (б) скорости среды

Рассмотрим частные случаи, представляющие практический интерес. Если  $u = v_1 = v_2 = 0$ , имеем известный результат:

$$R = \frac{\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1}{\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1} \quad (12)$$

Если скорости среды  $u = 0$ , движется только граница раздела сред и

$$R = \frac{\rho_2(c_2 - u) - \rho_1(c_1 - u)}{\rho_2(c_2 - u) + \rho_1(c_1 + u)} \quad (13)$$

Коэффициент отражения  $R = 0$ , при скорости движения границы

$$u = \frac{\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1}{\rho_2 - \rho_1} \quad (14)$$

Если  $u = v_2$ ,  $v_1 = 0$ , вторая среда движется совместно с границей раздела, первая среда не движется

$$R = \frac{\rho_2 c_2 - \rho_1(c_1 - u) c_1 + u}{\rho_2 c_2 + \rho_1(c_1 + u) c_1 - u} \quad (15)$$

Коэффициент отражения  $R = 0$ , при скорости движения границы

$$u = c_1 - \frac{\rho_2}{\rho_1} c_2 \quad (16)$$

Если  $u = v_1$ ,  $v_2 = 0$ , первая среда движется совместно с границей раздела, вторая среда не движется

$$R = \frac{\rho_2(c_2 - u) - \rho_1 c_1}{\rho_2(c_2 - u) + \rho_1 c_1} \quad (17)$$

Коэффициент отражения  $R = 0$ , при скорости движения границы

$$u = c_2 - \frac{\rho_1}{\rho_2} c_1 \quad (18)$$

Коэффициент прохождения равен

$$T = \frac{A_{2T}}{A_{10}} = \frac{\rho_2(k_{1R} + k_{10})}{\rho_2 k_{1R} + \rho_1 k_{2T}} \quad (19)$$

Условие отсутствия отраженного сигнала:  $\rho_2 k_{10} = \rho_1 k_{2T}$  выполняется при скорости движения границы раздела сред равной:

$$u = \frac{\rho_2(c_2 + v_2) - \rho_1(c_1 + v_1)}{\rho_2 - \rho_1} \quad (20)$$

Таким образом, движение сред существенно влияет, как на частоты отраженной и прошедшей волн, так и на коэффициенты отражения и прохождения. Это влияние наиболее сильное при скоростях сред, сопоставимых со скоростью распространения волн в средах.

#### Библиографический список

1. Нефедов, Е.И. Техническая электродинамика [Текст] – М.: ИЦ Академия, 2008. – 416 с.
2. Иванов В. В., Глуценко А. Г., Устинова Е. С. Свойства интерференции прямых и обратных волн в невязанных структурах и средах <http://iies.tolgas.ru/itrt/docs/itrt2013.pdf>
3. Глуценко, А.Г., Захарченко Е.П. Запредельные волноводные структуры и среды с усилением [Текст] – Самара: Сам НЦ РАН, 2009. – 170 с.
4. Глуценко, А.Г., Захарченко Е.П. Стимулированная прозрачность запредельных структур с активными средами [Текст] – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011.– 186 с.
5. Микаэлян, А.Л. Теория и применение ферритов на сверхвысоких частотах [Текст] М.: Госэнергоиздат, 1963. – 663с.
6. Гуревич, А.Г. Магнитный резонанс в ферритах и антиферромагнетиках [Текст] М.: Наука, 1973. – 592 с.
7. Вамберский, М.В., Абрамов В.П., Казанцев В.И. Конструирование ферритовых развязывающих приборов СВЧ [Текст]. – М.: Радио и связь, 1982.– 362 с.
8. Глуценко А.Г., Захарченко Е.П.// В мире открытий [Текст]. 2010. – №6. – С.11-16.
9. Глуценко А.Г., Глуценко Е.П., Иванов В.В., Устинова Е.С. Особенности отражения волн от границ раздела невязанных сред. Современные проблемы физики, химии, биологии. ФизХимБио 2012. Материалы Международной научно-технической конференции. Севастополь, 28-30 ноября 2012. – С. 37-39.

© Глуценко А. Г., Устинова Е. С., 2015

УДК 621.396

**О. А. Горбатенко\***

\*Горбатенко Оксана Александровна, студент

Южный федеральный университет, г. Таганрог Ростовской области  
goa\_1991@mail.ru

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛОСОВЫХ ФИЛЬТРОВ В ПАКЕТЕ  
«MICRO-CAP-9».**

*Ключевые слова:* фильтр, преселектор, синтез, анализ, амплитудно-частотная характеристика, полоса пропускания, полоса заграждения, микрокап 9.

*Рассмотрены результаты синтеза и анализа трех фильтров для преселектора радиоприемного устройства. Показано, что все требования к фильтрам выполнены.*

При проектировании радиоприемных устройств часто возникает необходимость в синтезе фильтров для входных цепей. LC-фильтры можно синтезировать в нескольких пакетах, в том числе Electronics Workbench, Micro-Cap, “Serenada”, “Microwave Office” и др. Автором был выбран пакет Micro-Cap 9 по следующим причинам: удобный пользовательский интерфейс и простота освоения.[1]

Необходимо было синтезировать для приемника 3 фильтра с параметрами, [3] приведенными в левой половине таблицы 1.

Таблица 1.

**Параметры фильтров**

Тип, назначение	Требования к фильтру						Результаты синтеза и анализа								
	$f_n$	$f_b$	$\Delta f_n$	$\Delta f_s$ , при условии	$L_n$	$L_s$	$f_n$	$f_b$	$\Delta f_n$	$\Delta f_s$ , при условии	$L_n$	$L_s$	$n$		
Фильтр 1	0	1,6	1,5	50	$f_b+3$	3	40	0	1,6	1,5	50	$f_b+2,9$	2,5	50	3
Фильтр 2	1,6	18	16,4	40	$f_b+12$	3	40	1,6	18	16,4	40	$f_b+10$	2,7	50	5
					$f_n-1$							$f_n-1$			
Фильтр 3	30	75	45	50	$f_b+40$	3	40	30	75	45	50	$f_b+35$	2,3	50	5
					$f_n-10$							$f_n-10$			
	МГц	МГц	МГц	дБ	МГц	дБ	дБ	МГц	МГц	МГц	дБ	МГц	дБ	дБ	-

В таблице 1 приняты следующие обозначения:

$f_n$  – нижняя частота полосы пропускания;

$f_b$  – верхняя частота полосы пропускания;

$\Delta f_n$  - ширина полосы пропускания;

$\Delta f_s$  - ширина полосы заграждения;

$L_n$  - потери в полосе пропускания;

$L_s$  - потери в полосе заграждения;

$n$  – число звеньев в фильтре.

При выборе аппроксимации АЧХ были выбраны фильтры Чебышева.[4] Результаты синтеза и анализа приведены в правой половине таблицы 1.

Модель и АЧХ фильтра 0-1,6 МГц приведены на рисунках 1,2 соответственно. Модель и АЧХ фильтра 1,6-18 МГц показаны на рисунках 3,4. Модель и АЧХ фильтра 30-75 МГц изображены на рисунках 5,6.

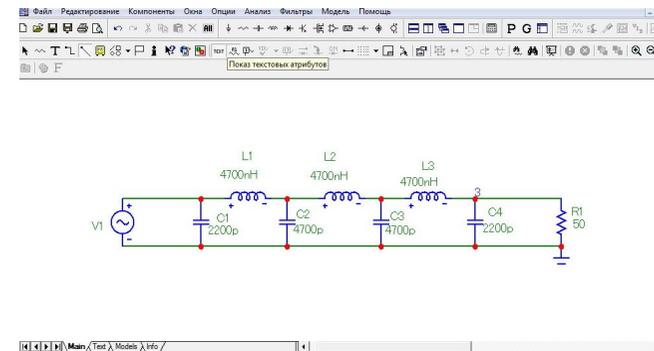


Рис.1. Модель фильтра 0 - 1,6 МГц.

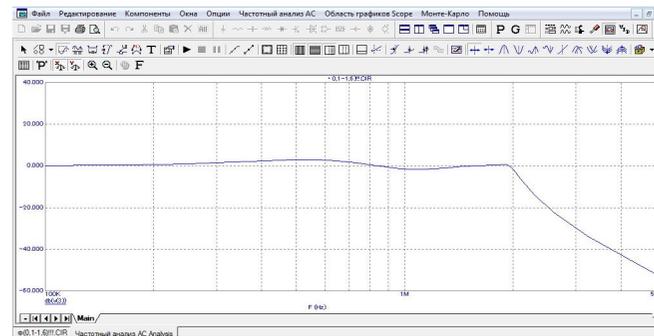


Рис.2. АЧХ фильтра 0 – 1,6 МГц.

Разработка подобных фильтров отечественными предприятиями, их широкое внедрение в отечественную и зарубежную аппаратуру связи – важная задача на ближайшие годы [5].

По результатам этой работы можно сделать следующие выводы:

- Все фильтры соответствуют предъявленным требованиям.
- Для настройки фильтра каждый контур должен иметь хотя бы один настроечный элемент (конденсатор или катушку).

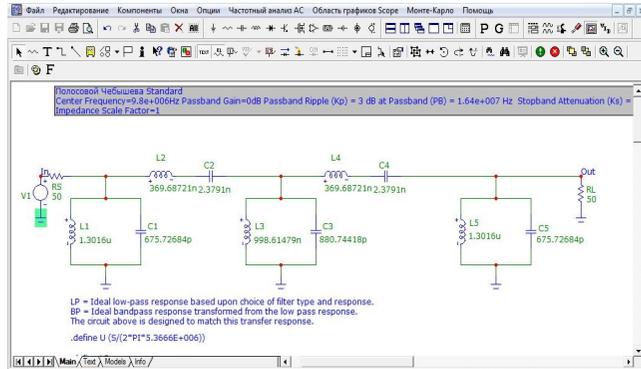


Рис.3. Модель фильтра 1,6 - 18 МГц.

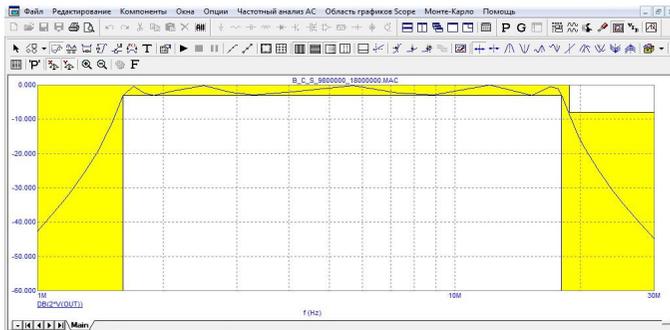


Рис.4. АЧХ фильтра 1,6 – 18 МГц.

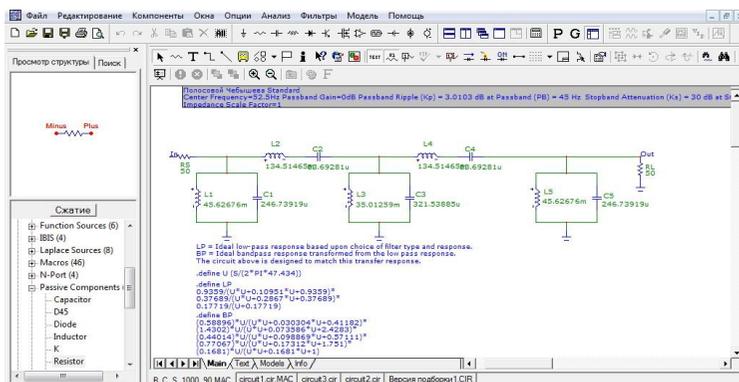


Рис.5. Модель фильтра 30-75 МГц.

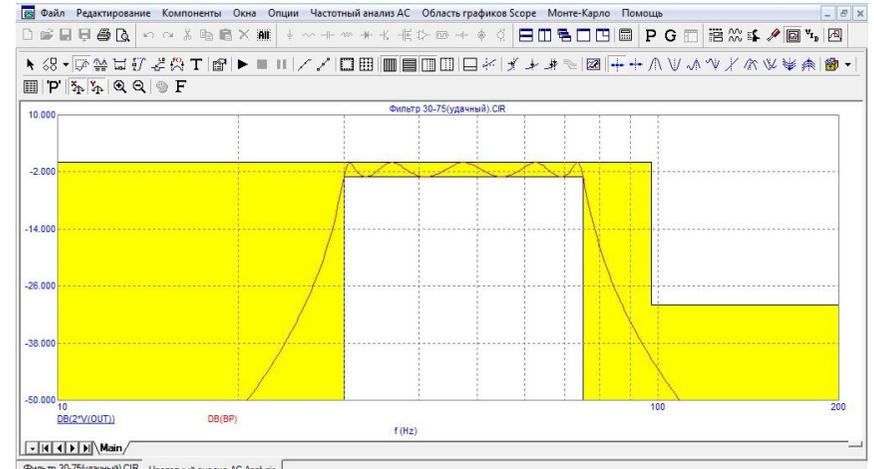


Рис.6. АЧХ фильтра 30-75 МГц.

Библиографический список

1. Разевиг В.Д. Система схемотехнического моделирования с помощью MICRO-CAP 7– М.: Горячая линия - Телеком, 2003. - 268 с.
2. Разевиг В.Д., Потапов Н.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. – М.: Солон-Пресс, 2003. -496с.
3. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг. Задачи, методы, средства. Под ред. А.М. Рембовского. М.:Горячая линия-Телеком, 2006,-492 с.
4. Ханзел Г. Справочник по расчету фильтров. М., Сов. Радио, 1974,-288с.
5. Якубов Т.А., Маннапов А.Р. Новые перспективы для отечественных производителей телекоммуникационного оборудования в контексте развития радиоэлектронной отрасли России. IV международная заочная научно-техническая конференция. Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. (ITRT-2014). Сборник статей. Тольятти. Апрель 2014, с. 264-270

©Горбатенко О. А., 2015

УДК 342 (004.056.53)

**А. А. Григорьев\***

*\*Григорьев Алексей Александрович, научный сотрудник*

*Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь*

*grigorjev.aleksei@yandex.ru*

**А. А. Охрименко\***

*\*Охрименко Алексей Александрович, к.т.н., доцент*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь*

*ohrimenko@bsuir.by*

**И. П. Сидорчук\***

*\*Сидорчук Ирина Павловна, заместитель директора НИИ теории и практики государственного управления*

*Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь*

*irina\_sidorchuk@mail.ru*

### **О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОРГАНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Ключевые слова: электронное правительство, информационные системы, государственные органы, безопасность государственных информационных систем.*

*В статье рассматриваются вопросы состояния и развития национальной информационной и коммуникационной инфраструктуры Республики Беларусь, интегрированной в систему государственного управления. Обращается внимание на проблемные вопросы, связанные с обеспечением безопасности государственных информационных систем и нормативно-правовым регулированием общественных отношений в данной сфере. В заключении сформулированы предложения, направленные на минимизацию угроз при использовании средств электронных коммуникаций в системе государственного управления.*

Процессы глобализации, транснациональные вызовы, политические конфликты выдвигают новые требования к государственному строительству и государственному управлению, эффективность которых на современном этапе неразрывно связана с совершенствованием и активным применением средств информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ). Активное использование ИКТ для модернизации системы государственного управления, внедрение инновационных IT-проектов, создание электронного правительства, переход на электронный документооборот в органах власти, реализация государственных услуг в электронном виде позволяет существенно экономить бюджетные средства, повысить эффективность и управляемость системы госу-

дарственного управления, увеличить скорость принятия решений, а также способствует борьбе с коррупцией.

Республика Беларусь продвинулась в развитии, электронного правительства и электронных услуг. Темпы развития информационных технологий в области государственного управления в Беларуси отмечают международные эксперты. Данные статистического сборника ООН «Электронное правительство. Обзор 2014» свидетельствуют, что Беларусь улучшила свои позиции и занимает 55 место из 193 стран мира [1].

В результате выполнения государственных, отраслевых и региональных программ разработан ряд общегосударственных и ведомственных информационных систем, создана национальная система формирования и регистрации информационных ресурсов. Республиканские органы государственного управления, облисполкомы и большинство райисполкомов представлены в сети Интернет.

В Республике Беларусь создается единая республиканская сеть передачи данных (ЕРСПД), являющаяся мультисервисной сетью электросвязи, которая объединяет сети передачи данных государственных органов и организаций, а также других юридических лиц негосударственной формы собственности и индивидуальных предпринимателей в добровольном порядке. Введена в эксплуатацию опорная сеть для ЕРСПД. В настоящее время ведется проектирование республиканского центра обработки данных, который вместе с опорной сетью для ЕРСПД являются основой республиканской платформы, действующей на основе технологии облачных вычислений.

В рамках формирования в Республике Беларусь электронного правительства информационные системы и ресурсы отдельных государственных органов и организаций интегрируются в единое информационное пространство, основными элементами которого определены:

- система межведомственного информационного взаимодействия государственных органов и иных государственных организаций;
- государственная система управления открытыми ключами;
- государственная система оказания электронных услуг.

Возможность мобильной передачи данных в больших объемах, их ускоренная обработка, возможность упрощенного хранения и быстрота доступа к ним сделали привлекательным использование ИКТ и их интеграцию в систему государственного управления, в том числе при работе с обращениями граждан и юридических лиц.

Президент Республики Беларусь 23 марта подписал Указ № 135, которым вносятся изменения и дополнения в Директиву Президента Республики Беларусь от 27 декабря 2006 года № 2 «О мерах по дальнейшей дебиюрократизации государственного аппарата». В соответствии с Указом устанавливается ряд приоритетов для деятельности государственных органов Республики Беларусь в данной сфере [2]. Документом предусматривается широкое внедрение в практику государственных структур управления предварительной записи на личный прием с помощью электронных средств связи, внедрение средств электронного управления очередью, требуется повысить уровень информатизации в сфере работы с гражданами и организациями, предписывается обеспечить

полномасштабный переход государственных органов к электронному документообороту при реализации государственных функций, осуществлении взаимодействия или совершении административных процедур, в том числе принять необходимые меры:

- по обеспечению своевременного перехода на межведомственное электронное взаимодействие государственных органов и подчиненных им организаций;
- по сокращению бумажного документооборота с одновременным расширением практики использования электронного формата представления документов;

- по обеспечению информационно-технологического взаимодействия всех информационных ресурсов, необходимых для осуществления административных процедур, а также по доработке программного комплекса «Одно окно» с учетом выявленных на практике недостатков в его работе;

- по организации возможности совершения административных процедур в электронном виде, начиная от дистанционной подачи заявлений об осуществлении административных процедур (заявок на их осуществление) и заканчивая получением результатов в виде электронного документа;

- по созданию и внедрению информационных ресурсов, позволяющих проводить идентификацию граждан в процессе осуществления административных процедур в электронном виде;

- по стимулированию граждан к обращению за осуществлением административных процедур в электронном виде.

Кроме того, Совету Министров Республики Беларусь совместно с облисполкомами и Минским горисполкомом поручено на постоянной основе обеспечивать актуализацию сведений, содержащихся на интернет-сайтах государственных организаций и подчиненных им организаций, в целях исключения противоречивой, неактуальной информации, восполнения пробелов в информировании населения.

В дополнение к данным мерам руководителям государственных организаций предписано расширить практику общественного обсуждения на интернет-сайтах этих организаций наиболее значимых проектов нормативных правовых актов, обеспечивая путем использования результатов такого обсуждения вовлечение граждан в управление государством и создавая тем самым надежный барьер коррупции.

Облисполкомам, Минскому горисполкому также поручено обеспечить размещение на интернет-сайтах рай- и горисполкомов информации о телефонах наиболее востребованных у населения служб по г. Минску, областным центрам, иным городам, а также информации о всех совершаемых на соответствующей территории административных процедурах, включая адреса и режим работы осуществляющих эти процедуры организаций, об административных процедурах, осуществляемых в электронном виде, о порядке подачи заявлений об осуществлении таких процедур.

Такой подход способствует повышению доступности системы государственного управления и приближению её непосредственно к населению, что является наиболее важным при демократизации общества и установлению взаимной обратной связи государственных структур и общества, позволяет не

только нормально общаться представителям власти с гражданами, но и принимать, формулировать запросы общества и реагировать на них.

Вместе с тем использование информационных электронных систем, создание электронного правительства существенно увеличивает зависимость системы государственного управления, государства и граждан от надежности средств коммуникации, электросвязи, программных продуктов, хранилищ информации и обеспечивающих их средств, предъявляет особые требования к вопросам безопасности сетевых ресурсов государственных органов, бесперебойности предоставления сервисов и соблюдения законодательных требований.

Использование ИКТ делает систему государственного управления более уязвимой, в том числе при осуществлении актов киберпреступности, несанкционированного доступа к государственным информационным и финансовым системам, террористических актов и ведении боевых действий, иной антигосударственной и антиобщественной деятельности. Всё это создает ряд угроз, проблемные аспекты которых, недостаточно полно нашли свое отражение в праве Республики Беларусь.

Существующее законодательство большинства стран также пока еще недостаточно развито и адаптировано к противодействию таким угрозам и традиционно отстает от развития современных ИКТ. Это позволяет различным организованным противоправным группам похищать и продавать конфиденциальную информацию, персональные данные, денежные и кредитные средства, осуществлять несанкционированные действия против национального сегмента сети Интернет. Следует также отметить, что в последнее время очень быстро набирает силу опасная тенденция – активный процесс сращивания компьютерной преступности с организованной отечественной и международной уголовной преступностью.

В данных условиях особую важность приобретает надежное и бесперебойное функционирование государственных электронных систем в условиях информационного противоборства, применения оружия массового поражения, иных видов оружия, защиты от террористических атак, массовых беспорядков, стихийных бедствий, недопустимость несанкционированного изменения данных. При этом особую важность в демократическом обществе представляет исключение возможности причинения вреда гражданам и организациям (государству), которые становятся существенно уязвимыми при недостатках защиты применяемых технических систем.

Представляется, что в данных условиях государственные органы должны использовать только программное обеспечение, оборудование, каналы связи (иную инфраструктуру), исключающие возможность хранения и передачи информации с использованием облачных технологий за рубежом без согласия Республики Беларусь в лице уполномоченных государственных структур. Предлагается определить порядок использования систем, предоставляющих информацию о персональных данных иностранным государствам (их государственным и иным организациям) с учетом согласия Республики Беларусь и лиц, данные о которых передаются. Обладатели информации или операторы информационных систем обязаны предотвращать несанкционированный дос-

туп к распространяемой ими информации. Вместе с тем данные меры не являются исчерпывающими, предлагается применять комплексный подход на основе мероприятий правового, идеологического и технико-технологического характера, исходя из имеющегося набора угроз.

Имеющиеся угрозы можно условно классифицировать на угрозы, представляющие опасность международному сообществу, государству, обществу в целом, включая негосударственные структуры коммерческого характера, угрозы отдельным личностям. Учитывая степень угроз необходимо предпринимать меры защиты на межгосударственном и национальном уровне в приоритетном порядке в рамках правовой регламентации общественных отношений, а также формировать единую гражданскую позицию, способствующую неприемлемости сохранения в обществе соответствующих противоправных действий.

В данной сфере, по нашему мнению, заслуживает уважения опыт такой международной организации, как Совет Европы, в которой еще 28.01.1981 была подписана Конвенция о защите физических лиц при автоматизированной обработке персональных данных (ETS № 108) [3]. Актуальность норм данной Конвенции, закреплённых в статье 7, о защите персональных данных, хранящихся в автоматизированных файлах, данных, направленных на предотвращение их случайного или несанкционированного уничтожения или случайной потери, а также на предотвращение несанкционированного доступа, их изменения или распространения таких данных, имеет четкую практическую направленность. Однако имеются факты, свидетельствующие о неспособности государственных структур ряда стран обеспечивать защиту персональных данных даже руководителей государств, результатом чего явилась недавняя утечка, очевидно, по техническим причинам, персональных данных В. Путина, Б. Обамы и А. Меркель, имевшихся у властей Австралии. Следует отметить, что данная Конвенция носит региональный характер (Австралия в ней не участвует).

При этом не все государства региона, даже имеющие тесные интеграционные связи, в том числе при электронном обмене персональными данными, при регламентации визовых вопросов в Союзном государстве, участвуют в ней. Например, Беларусь не участвует в данной Конвенции, которая действует для всех сопредельных с ней государств: Латвии - с 1.09.2001, Литвы - с 1.10.2001, Польши - с 1.09.2002, России - с 1.09.2013, Украины - с 1.01.2011. Для усиления международно-правовой защиты в данной сфере представляется целесообразным присоединение Беларуси к данной Конвенции, а также разработка и принятие универсального международного договора в рамках ООН. Для стран постсоветского пространства также актуально принятие договоров в рамках СНГ, Евразийского Экономического Союза, Союзного государства с учетом специфики соответствующих интеграционных структур, которые не могут избежать процессов связанных с защитой персональных данных граждан соответствующих государств.

Повышение доступности государственной власти и активизация ее присутствия в национальном сегменте сети Интернет [4] оставляют недостаточно урегулированными и вопросы правовой регламентации договорных отношений в информационной сфере. Например, остается не определенным правовой ста-

тус договоров об обмене информацией о персональных данных граждан и юридических лиц (относятся ли данные договоры к сфере административного или гражданского права, каков характер ответственности за их нарушения, понуждение к заключению, порядок возмещения убытков и т.п.), что существенно препятствует правовой защите прав и свобод граждан, затрудняет реализацию полномочий организаций.

Также остается неурегулированным вопрос о правовой защите граждан и организаций при деятельности глобальных поставщиков услуг, в том числе безвозмездных в данной сфере, которые используют персональные данные, предоставляют услуги электронных «почтовых» серверов, поисковых систем и т.п. Например, вызывает сомнения правомерность прекращения компанией Google обслуживания жителей Крыма под предлогом санкций и в связи с их переходом под юрисдикцию России. В данном контексте, не ясно, если данную территорию Google признает территорией Украины, то почему санкции применяются в отношении её граждан, которые остаются на ней проживать. Если данные меры принимаются против граждан Украины, массово перешедших в гражданство России, то не ясно, почему производится выборочная дискриминация граждан России по признаку их территориального проживания. Представляется, что дальнейшее развитие социальных сетей и сервисов, требует международно-правовой регламентации их деятельности в целях исключения нарушения прав государств, организаций и граждан.

Процессы глобализации современного мира, активизация миграционных процессов, требуют универсального правового решения рассмотрения электронных обращений граждан и организаций, осуществления в отношении них административных процедур, которые не во всех случаях могут идентифицироваться при помощи электронной цифровой подписи (при этом данный вид идентификации также не является абсолютно надежным при появлении копий таких ключей). Данный вопрос может быть урегулирован нормами международных договоров. При этом в таких договорах следует особо оговорить правила, исключющие ответственность чиновников при рассмотрении электронных обращений, сформированных виртуальными машинами (в т.ч. спама), являющихся, в частности, оскорбительными и мошенническими. Аналогичный подход должен применяться при рассмотрении обращений с использованием вымышленных или похищенных персональных данных, учитывая, что соответствующие права, свободы и обязанности при формировании электронных обращений могут существовать только у реальных граждан и организаций, а не у виртуальных или иных механизмов и структур.

Таким образом, представляется оправданным усиление взаимного сотрудничества государств, в том числе в лице чиновников и научных работников различных областей знания, в целях минимизации угроз обществу и государствам, международному сообществу в целом при использовании средств электронных коммуникаций. Основными способами противодействия указанным угрозам следует признать их своевременную профилактику и предупреждение, разработку существенно более эффективного законодательства, принятие взаимовязанных национальных и международных нормативных правовых актов, учитывающих тенденции развития компьютерных преступлений.

Кроме того, необходимо уделять особое внимание развитию системы непрерывного повышения квалификации государственных служащих, их самообразования, рациональному управлению их знаниями, навыками и умениями в области ИКТ, а также постоянному росту профессиональной компетенции сотрудников правоохранительных органов, занимающихся раскрытием, расследованием и пресечением преступлений в сфере информационных технологий.

#### Библиографический список

1. United nations e-government survey 2014 // [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: [http://unpan3.un.org/egovkb/portals/egovkb/documents/un/2014-survey/e-gov\\_complete\\_survey-2014.pdf](http://unpan3.un.org/egovkb/portals/egovkb/documents/un/2014-survey/e-gov_complete_survey-2014.pdf). – Дата доступа: 21.04.2015.
2. [О внесении изменений и дополнений в Директиву Президента Республики Беларусь](#) [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 23 марта 2015г., № 135 // ЭТАЛОН-ONLINE. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/main.aspx?guid=189353>. – Дата доступа: 21.04.2015.
3. Конвенция о защите частных лиц в отношении автоматизированной обработки данных личного характера (ETS N 108). Заключена в г. Страсбурге 28.01.1981 г., (с изм. от 08.11.2001) // [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://conventions.coe.int/Treaty/RUS/Treaties/html/108.htm>. – Дата доступа: 21.04.2015.
4. О мерах по совершенствованию использования национального сегмента сети Интернет [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 1 февр. 2010г., № 60: в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 23 янв. 2014 г., № 46 // ЭТАЛОН-ONLINE. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/main.aspx?guid=3871&p0=P31000060&p2={NRPA}>. – Дата доступа: 21.04.2015.

© Григорьев А. А., Охрименко А. А., Сидорчук И. П., 2015

УДК 517.977.58

**Д. М. Грушин\***

*\*Грушин Дмитрий Михайлович, магистрант*

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

*licky-1403@mail.ru*

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЯ ДЛЯ ДВУХПЛЕЧЕВОГО РОБОТА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА, ОСНОВАННОГО НА РЕШЕНИИ ЗАВИСЯЩЕГО ОТ СОСТОЯНИЯ УРАВНЕНИЯ РИККАТИ

*Ключевые слова: ЗСУР наблюдатель, расширенная линеаризация, двухплечевой робот.*

*В статье проектируется наблюдатель для системы управления с двухплечевым роботом. Метод, который используется для проектирования наблюдателя, основан на решении зависящего от состояния уравнения Риккати (ЗСУР) и расширенной линеаризации нелинейного объекта управления. Работоспособность наблюдателя продемонстрирована с помощью моделирования в системе MATLAB.*

#### Введение

Большинству из наиболее часто используемых регуляторов для роботов-манипуляторов, к которым относится рассматриваемый в статье двухплечевой робот, требуется знать положения в пространстве и скорости плеч.

Роботизированные системы, как правило, оснащены датчиками с хорошей точностью для измерения положения. Таким образом, положения плеч могут быть измерены с высокой точностью. Тем не менее, трудно получить точные измерения скоростей движения плеч. На датчик скорости, если он присутствует в системе, часто влияет значительный шум, который может снизить эффективность работы регулятора [1]. На практике применяется оптический инкрементный датчик для измерения скорости путем подсчета количества импульсов в единицу времени. Другой подход для определения скорости – измерение времени между соседними импульсами или времени для заданного числа импульсов. В любом случае, измерения могут быть весьма неточными для малых скоростей. Также может быть использован тахометр для измерения скорости.

Следующий способ получения значений скорости – измерение положений плеч с последующим их дифференцированием. Простота этой техники делает его привлекательным для применения при реализации в реальном времени, но, к сожалению, точность полученного сигнала скорости не всегда достаточна для целей управления. Если измерение положения содержит высокочастотный шум (т.е. значения шума быстро меняются), дифференцирование будет увеличивать значение этого шума. Кроме того, возникнут эффекты квантования, которые могут вызвать нежелательные колебания. Если это возможно, скорость всегда должна измеряться, а не генерироваться дифференцированием сигнала положения. Тем не менее, датчики скорости на самом деле часто не используются на практике из-за таких факторов, как стоимость и вес.

Альтернативным решением стало использование модели с наблюдателем, который использует зашумленные измеренные положения, чтобы оценить скорости плеч.

Цель работы – спроектировать наблюдатель состояния для двухплечевого робота.

### Теоретические сведения о наблюдателе на основе метода ЗСУР.

Метод ЗСУР быстро становится общим методом синтеза нелинейных регуляторов с обратной связью и наблюдателей переменных состояния для широкого класса нелинейных систем [2]. По существу, ЗСУР наблюдатель, разработанный в последние несколько лет, основывается на решении двойственной (дуальной) задачи ЗСУР, основанной на технике построения нелинейных регуляторов [3]. При этом наблюдатель имеет такую же структуру, как непрерывный стационарный линейный наблюдатель Калмана. В отличие от наблюдателя расширенного наблюдателя Калмана (РНК), который использует якобиан нелинейностей в динамике системы, ЗСУР наблюдатель основан на расширенной линеаризации [3], которая приводит нелинейную систему к линейной структуре с зависящими от состояния коэффициентами (ЗСК). Этот метод создает дополнительные степени свободы, которые можно использовать, чтобы преодолеть ограничения традиционных методов оценивания переменных состояния, такие как низкая эффективность, сингулярность и потеря наблюдаемости [3]. Кроме того, такое представление может полностью компенсировать нелинейности в системе, и, следовательно, этот метод широко используется для оценивания нелинейного состояния в роботостроении, аэрокосмической отрасли и в силовой электронике. В работе [4] показано, что ошибки оценивания ЗСУР наблюдателя асимптотически сходятся к нулю. Анализ основан на теории устойчивого многообразия и уравнений Гамильтона-Якоби-Беллмана [5].

Методология построения наблюдателя основана на решении уравнения ЗСУР.

Рассмотрим нелинейную непрерывную во времени систему, аффинную по входу, представленную как

$$\dot{x} = f(x) + g(x)u, \quad (1)$$

$$y = h(x), \quad (2)$$

Расширенная линеаризация нелинейной системы

$$\dot{\hat{x}} = A(x)x + B(x)u, \quad (3)$$

где  $x \in R^n$  является вектором состояния, а управление  $u \in R^p$ , матрицы  $A(x) \in R^{n \times n}$  и  $B(x) \in R^{n \times p}$ . Выход задается как

$$y = C(x)x, \quad (4)$$

где  $C(x) \in R^{p \times n}$  – матрица выхода. Из статьи [6] вытекает, что дифференциальное уравнение для оценки переменных состояния определяется как

$$\dot{\hat{x}} = A(\hat{x})\hat{x} + B(\hat{x})u + \Psi(\hat{x}, (C(x)x - C(\hat{x})\hat{x})), \quad (5)$$

где  $\Psi$  – дополнительное слагаемое наблюдателя, благодаря которому  $\hat{x} \rightarrow x$  при  $t \rightarrow \infty$ , а  $\hat{x} \in R^n$  – вектор оценки переменных состояния.

Наблюдатель ЗСУР с уравнением (5) является субоптимальным наблюдателем, так как приближенно минимизирует функционал стоимости (6). Предлагаемый нелинейный наблюдатель строится, имитируя наблюдатель для линейных систем [7].

Пусть ошибку оценивания для системы можно определить, как  $e = x - \hat{x}$  и  $u$  – управление. Чтобы найти субоптимальный наблюдатель, минимизируем, решая уравнение ЗСУР, следующий функционал стоимости

$$J = \int_0^{\infty} (e^T \bar{Q} e + u^T \bar{R} u) dt, \quad (6)$$

где  $\hat{x} \in R^n$ ,  $u \in R^m$  и  $\bar{Q} \in R^{n \times n}$  – симметричная положительно полуопределенная матрица, а  $\bar{R} \in R^{m \times m}$  – симметричная положительно определенная матрица [5]. Выбираем дополнительное слагаемое наблюдателя

$$\Psi(\hat{x}, (C(x)x - C(\hat{x})\hat{x})) = L(\hat{x})(C(x)x - C(\hat{x})\hat{x}), \quad (7)$$

где

$$L(\hat{x}) = P(\hat{x})C^T(\hat{x})\bar{R}^{-1} \quad (8)$$

является параметром наблюдателя и  $P(\hat{x})$  – решение следующего уравнения ЗСУР

$$A(\hat{x})\bar{P}(\hat{x}) + \bar{P}(\hat{x})A^T(\hat{x}) - \bar{P}(\hat{x})C^T(\hat{x})\bar{R}^{-1}C(\hat{x})\bar{P}(\hat{x}) + \bar{Q} = 0. \quad (9)$$

Матрицы позволяют настраивать работу наблюдателя. С помощью увеличения матрицы  $\bar{Q}$  уменьшаем ошибки оценивания, а с помощью увеличения матрицы  $\bar{R}$  – управление. После всех преобразований получаем следующее уравнение наблюдателя ЗСУР

$$\dot{\hat{x}} = A(\hat{x})\hat{x} + B(\hat{x})u + L(\hat{x})[C(x)x - C(\hat{x})\hat{x}]. \quad (10)$$

Вычитая (10) из (3), получаем следующее уравнение динамики для ошибки

$$\dot{e} = A(x)x + B(x)u - A(\hat{x})\hat{x} - B(\hat{x})u - L[C(x)x - C(\hat{x})\hat{x}]. \quad (11)$$

Сложение и вычитание  $A(\hat{x})x$ , а также сложение и вычитание  $LC(\hat{x})x$  и последующая группировка приводят к уравнению

$$\dot{e} = [A(\hat{x}) - LC(\hat{x})]e + A(x)x - A(\hat{x})x + [B(x) - B(\hat{x})]u - L[C(x)x - C(\hat{x})x]. \quad (12)$$

Основываясь на предположении, что пара  $(A(x), C(x))$  является поточечно наблюдаемой линеаризацией нелинейной системы и матрицы  $A(x)$  и  $C(x)$  локально липшицевы для всех  $x$ , оцениваемых с помощью (10), оценка  $\hat{x}$  асимптотически сходится к состоянию  $x$  [8].

### Математическая модель двухплечевого робота

Запишем динамику движения робота с помощью уравнения Эйлера-Лагранжа

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} - \frac{\partial L}{\partial q} = \tau, \quad (13)$$

где  $L$  – лагранжиан системы,  $\tau = \begin{bmatrix} \tau_1 \\ 0 \end{bmatrix}$ , а  $q = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{bmatrix}$ .

Вычисляем функцию Лагранжа  $L$  как разницу между кинетической и потенциальной энергией системы. Таким образом,

$$L(q, \dot{q}) = T(q, \dot{q}) - V(q), \quad (14)$$

где  $T(q, \dot{q})$  – кинетическая энергия, а  $V(q)$  – потенциальная энергия системы. После преобразований получаем следующее матричное уравнение Эйлера-Лагранжа

$$D(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + g(q) = \tau, \quad (15)$$

где

$$D(q) = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} \end{bmatrix},$$

$$d_{11} = m_1 l_{c1}^2 + m_2 (l_1^2 + l_{c2}^2 + 2l_1 l_{c2} \cos(q_2)) + I_1 + I_2,$$

$$d_{12} = d_{21} = m_2 (l_{c2}^2 + l_1 l_{c2} \cos(q_2)) + I_2,$$

$$d_{22} = m_2 l_{c2}^2 + I_2,$$

$$C(q, \dot{q}) = \begin{bmatrix} h\dot{q}_2 & h\dot{q}_2 + h\dot{q}_1 \\ -h\dot{q}_1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$h = -m_2 l_1 l_{c2} \sin(q_2),$$

$$g(q) = \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \end{bmatrix},$$

$$\varphi_1 = (m_1 l_{c1} + m_2 l_1)g \cos(q_1) + m_2 l_{c2} g \cos(q_1 + q_2),$$

$$\varphi_2 = m_2 g l_{c2} \cos(q_1 + q_2).$$

Первый член в этом уравнении представляет инерционные силы, возникающие под действием ускорения плеч, второй представляет силу Кориолиса и центробежные силы, третий член представляет силу тяжести, действующую на механизм, а правая сторона уравнения – применяемые крутящие моменты [9].

Из приведенных выше уравнений следует отметить, что восемь динамических параметров могут быть сгруппированы в следующие пять параметров:

$$\theta_1 = m_1 l_{c1}^2 + m_2 l_1^2 + I_1 = 0.0243 \text{ B} \cdot \text{c}^2,$$

$$\theta_2 = m_2 l_{c2}^2 + I_2 = 0.0058 \text{ B} \cdot \text{c}^2,$$

$$\theta_3 = m_2 l_1 l_{c1} = 0.0062 \text{ B} \cdot \text{c}^2,$$

$$\theta_4 = m_1 l_{c1} + m_2 l_1 = 0.1023 \text{ B} \cdot \text{c}^2 / \text{м},$$

$$\theta_5 = m_2 l_{c2} = 0.0296 \text{ B} \cdot \text{c}^2 / \text{м}.$$

Зададим четыре переменных состояния следующим образом [9]:

$$x_1 = q_1 - \pi / 2, \quad x_2 = \dot{q}_1, \quad x_3 = q_2, \quad x_4 = \dot{q}_2.$$

Учитывая выражение (15), уравнения ОУ в пространстве состояний имеют следующий вид:

$$\dot{x}_1 = x_2,$$

$$\dot{x}_2 = [-\sin(x_3)(-2\theta_2\theta_3x_2x_4 - \theta_2\theta_3x_4^2 - \theta_2\theta_3x_2^2 - \theta_3^2x_2^2 \cos(x_3) - \cos(x_1)\cos(x_3)\theta_3\theta_5g) - \sin(x_1)(\cos^2(x_3)\theta_3\theta_5g - \theta_2\theta_4g) + \theta_2\tau_1] / \det(D), \quad (16)$$

$$\dot{x}_3 = x_4,$$

$$\dot{x}_4 = [-\sin(x_3)(2\theta_2\theta_3x_2x_4 + \theta_2\theta_3x_4^2 + (\theta_2 + \theta_1)\theta_3x_2^2 + 2\theta_3^2x_2(x_2 + x_4)\cos(x_3) + \theta_3^2x_2^2 \cos(x_3) - \cos(x_1) \cdot \theta_3\theta_5g + \cos(x_1)\cos(x_3)\theta_3\theta_5g) - \sin(x_1)(-\cos^2(x_3) \cdot \theta_3\theta_5g + \theta_2\theta_4g + (\theta_1\theta_3 - \theta_4\theta_3)g \cos(x_3)) - (\theta_2 + \theta_3 \cdot \cos(x_3))\tau_1] / \det(D),$$

где

$$\det(D) = \theta_1\theta_2 - \theta_3^2 \cos^2(x_3).$$

Уравнения состояния с сильно нелинейными свойствами (16) можно линеаризовать в уравнение с матрицами, зависящими от состояния, то есть провести расширенную линеаризацию. Такие уравнения будут иметь следующий вид [9]:

$$\dot{x}(t) = A(x)x(t) + B(x)u(t), \quad (17)$$

где  $x(t) \in R^4$  – вектор переменных состояния,  $u(t)$  – скалярное управляющее воздействие, а матрицы  $A(x) \in R^{4 \times 4}$  и  $B(x) \in R^{4 \times 1}$  имеют такую структуру

$$A(x) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ a_{21}(x) & 0 & a_{23}(x) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ a_{41}(x) & 0 & a_{43}(x) & 0 \end{bmatrix}, \quad B(x) = \begin{bmatrix} 0 \\ b_2(x) \\ 0 \\ b_4(x) \end{bmatrix}, \quad (18)$$

где:

$$a_{21}(x) = -\frac{1}{\det(D)} (\cos^2(x_3)\theta_3\theta_5g - \theta_2\theta_4g) \frac{\sin(x_1)}{x_1},$$

$$a_{23}(x) = -\frac{1}{\det(D)} (-2\theta_2\theta_3x_2x_4 - \theta_2\theta_3x_4^2 - \theta_2\theta_3x_2^2 - \theta_3^2x_2^2 \cos(x_3) - \cos(x_1)\cos(x_3)\theta_3\theta_5g) \frac{\sin(x_3)}{x_3},$$

$$a_{41}(x) = -\frac{1}{\det(D)} (-\cos^2(x_3)\theta_3\theta_5g + \theta_2\theta_4g + (\theta_1\theta_3 - \theta_3\theta_4)g \cos(x_3)) \frac{\sin(x_1)}{x_1},$$

$$a_{43}(x) = -\frac{1}{\det(D)} (2\theta_2\theta_3x_2x_4 + \theta_2\theta_3x_4^2 + (\theta_1 + \theta_2)\theta_3x_2^2 + 2\theta_3^2x_2(x_2 + x_4)\cos(x_3) +$$

$$\begin{aligned}
 & +\theta_3^2 x_4^2 \cos(x_3) - \cos(x_1) \theta_1 \theta_5 g + \\
 & + \cos(x_1) \cos(x_3) \theta_3 \theta_5 g \frac{\sin(x_3)}{x_3}, \\
 & b_2(x) = \theta_2 / \det(D), \\
 & b_4(x) = (-\theta_2 - \theta_3 \cos(x_3)) / \det(D).
 \end{aligned}$$

### Синтез наблюдателя

Для синтеза ЗСУР управления, переводящего плечи робота в вертикальное положение (переменные состояния равны нулю) [9], необходимо знание вектора переменных состояния  $X$ . Однако известны лишь переменные состояния  $x_1$  и  $x_3$ , т. е. положения плеч (положения получены с помощью двух датчиков). Для получения переменных состояния  $x_2$  и  $x_4$ , т. е. скоростей плеч, проектируется наблюдатель состояния.

Имитационное моделирование показало, что имеют место маленькие ошибки оценивания, стремящиеся к нулю (рис. 1). Значения пиковых ошибок оценивания скоростей плеч – не более 1,5 рад/с. Управление имеет слабо выраженный колебательный характер с пиковым значением 2.2 Н·м (рис. 2). Переходный процесс управления заканчивается за 0.5 с. Переходные процессы переменных состояния и их оценок заканчиваются за 1 с (рис. 3).

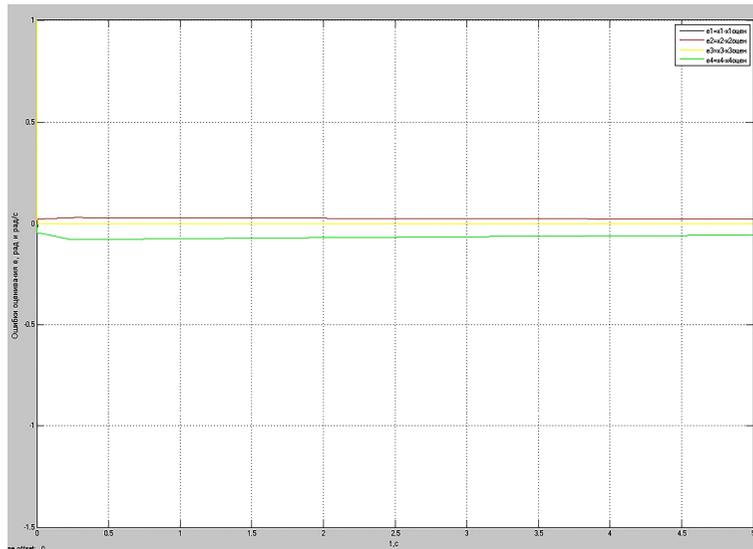


Рис. 1. Графики ошибок оценивания

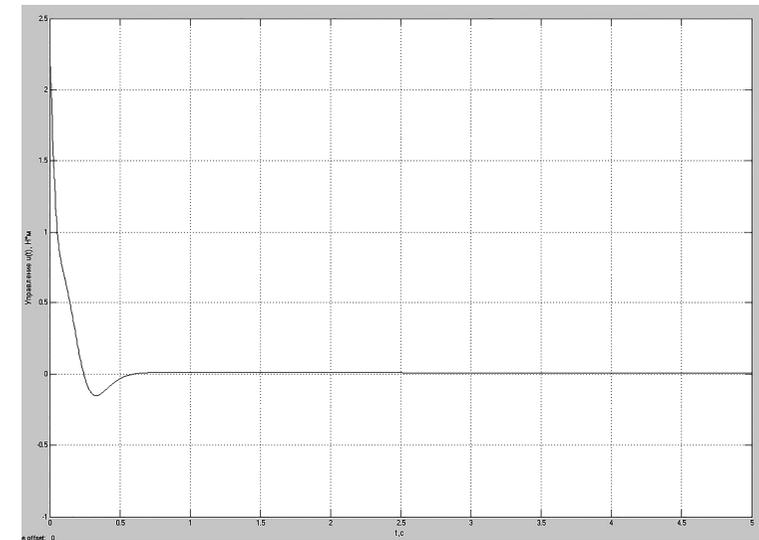


Рис. 2. График управления

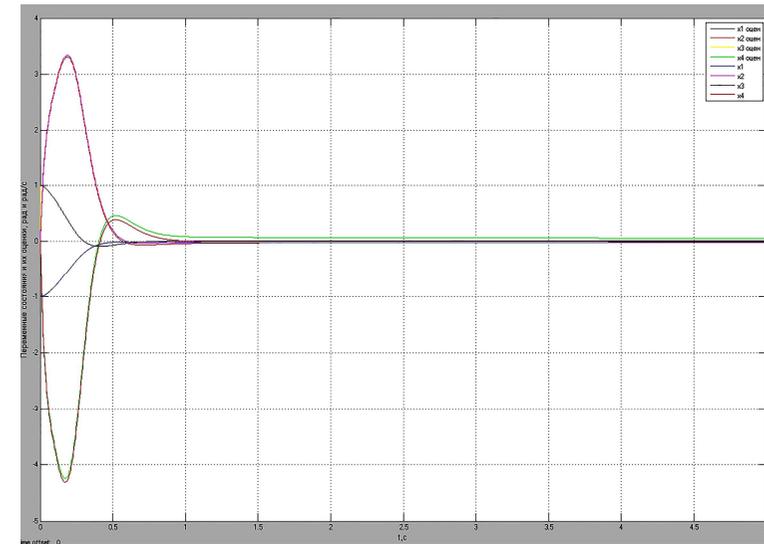


Рис. 3. Графики переменных состояния и ошибок их оценивания

## Выводы

Результатом работы стал синтез наблюдателя ЗСУР для сложного нелинейного объекта управления – двухплечевого робота.

Имитационное моделирование подтвердило работоспособность замкнутой системы управления с наблюдателем.

### Библиографический список

1. Мехтиев, Р. Э. Проблемы обработки информационных сигналов в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех / Р. Э. Мехтиев // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT - 2014): сб. статей I V международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2014. – с. 211-214.
2. Çimen T. Systematic and effective design of nonlinear feedback controllers via the State-Dependent Riccati Equation (SDRE) method, Annual Reviews in Control, pages 32–51, 2010.
3. Mracek C. P., Cloutier J. R. and D'Souza C. A. A new technique for nonlinear estimation, Proceedings of the International Conference on Nonlinear Problems in Aviation and Aerospace, pages 387–396, 1996.
4. Jaganath C., Ridley A. and Bernstein D. S. A SDRE-based asymptotic observer for nonlinear discrete-time systems, American Control Conference, pp. 3630-3635, 2005.
5. Haessig D., Friedland B. State dependent differential Riccati equation for nonlinear estimation and control, Proceedings of the 15th World Congress The International Federation of Automatic Control Barcelona, Spain, pages 227-232, 2002.
6. Banks H. T., Lewis B. M., and Tran H. T., Nonlinear feedback controllers and compensators: A state-dependent Riccati equation approach, Computational Optimization and Applications, 37(2): 177-218, 2007.
7. Mracek C. P., Cloutier J. R. and D'Souza C. A. A new technique for nonlinear estimation, Proceedings of the International Conference on Nonlinear Problems in Aviation and Aerospace, pages 387–396, 1996.
8. Бобиков А. И. Анализ и проектирование нелинейных систем управления. РГРТУ. Рязань, 2013.- 220 с.
9. Erdem E. B. Analysis and real-time implementation of state-dependent riccati equation controlled systems, Thesis for the degree of Doctor of Philosophy University of Illinois at Urbana-Champaign, 2001.

© Грушин Д. М., 2015

УДК 004.5, 004.62

*М. С. Данилова\**

*\*Данилова Мария Сергеевна, ассистент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
dmaryu@yandex.ru*

## ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

*Ключевые слова: студент СПО, электронный дневник, пользователи.*

*В статье представлены основные результаты работы по разработке информационной системы «Электронный дневник студента СПО», позволяющей студентам среднего профессионального образования и их родителям просматривать результаты обучения в вузе.*

Серьезные программные продукты редко разрабатываются одиночками: обычно этим занимаются группы людей, иногда довольно многочисленные. В такой группе, называемой командой разработчиков, у каждого сотрудника своя роль. Рассмотрим стандартный набор функций, выполняемых членами команды разработчиков, предположив для простоты, что каждая роль принадлежит отдельному сотруднику. Это такие функции, как: руководитель проекта, проектировщик, менеджер по маркетингу, представитель группы технической поддержки, технические писатели, тестировщики.

Тестирование программного обеспечения (software testing) – это процесс анализа или эксплуатации программного обеспечения с целью выявления дефектов. Несмотря на всю простоту этого определения, в нем содержатся пункты, которые требуют дальнейших пояснений. Слово процесс (process) используется для того, чтобы подчеркнуть, что тестирование суть плановая, упорядоченная деятельность. Этот момент очень важен, если мы заинтересованы в быстрой разработке, ибо хорошо продуманный, систематический подход быстрее приводит к обнаружению программных ошибок, чем плохо спланированное тестирование, к тому же проводимое в спешке [1].

Согласно этому определению, тестирование предусматривает «анализ» или «эксплуатацию» программного продукта. Тестовая деятельность, связанная с анализом результатов разработки программного обеспечения, называется статическим тестированием (static testing). Статическое тестирование предусматривает проверку программных кодов, сквозной контроль и проверку программ без запуска на машине, т.е. проверку за столом (desk checks). В отличие от этого, тестовая деятельность, предусматривающая эксплуатацию программного продукта, носит название динамического тестирования (dynamic testing). Статическое и динамическое тестирование дополняют друг друга, и каждый из этих типов тестирования реализует собственный подход к выявлению ошибок.

Последний пункт определения, требующий дополнительных пояснений – это понятие дефекта (bug). Говоря простыми словами, программная ошибка – ни что иное, как изъян в разработке программного продукта, который вызывает несоответствие ожидаемых результатов выполнения программного продукта и

фактически полученных результатов. Дефект может возникнуть на стадии кодирования, на стадии формулирования требований или на стадии проектирования, либо же его причина может крыться в некорректной конфигурации или данных. Дефектом может быть также что-то другое, что не соответствует ожиданиям заказчика и что может быть, а может и не быть определено в спецификации программного продукта [1].

Основными документами, регулирующими область тестирования в организации, являются: тест-план, тест-стратегия, тест-кейсы.

Тест-стратегия – это план проведения работ по тестированию системы или её модуля, учитывающий специфику функциональности и зависимости с другими компонентами системы и платформы. Стратегия определяет типы тестов, которые нужно выполнять для данного функционала системы, включает описание необходимых подходов с точки зрения целей тестирования и может задавать описания или требования к необходимым для проведения тестирования инструментам и инфраструктуре [2].

Например, для задачи тестирования программы «Блокнот» тест-стратегия будет выглядеть следующим образом.

Объект тестирования: приложение «Блокнот» - электронный аналог бумажной записной книжки.

Требования:

1. Пользователь может оперировать интерфейсом приложения, как с помощью клавиатуры, так и мыши.
2. Пользователь может создавать, редактировать, сохранять, сохранять под другим именем, открывать, просматривать и удалять записи.
3. Пользователь может запускать программу.
4. Пользователь может выходить из программы.

Будут произведены следующие тестирования:

1. Функциональное тестирование.
2. Нефункциональное тестирование.
3. Регрессионное тестирование.
4. Тестирование безопасности
5. Тестирование взаимодействия
6. Тестирования производительности

Требуемые тестирования:

1. Тестирование начала и окончания работы с программой.
2. Тестирование работы с записью.
3. Тестирование настройки и сохранения интерфейса пользователя.
4. Тест на работу с окном программы.
5. Тест на работу с меню программы
6. Тест на работу клавиатуры и мыши.
7. Нагрузочное тестирование.

Тест план – это документ описывающий весь объем работ по тестированию, начиная с описания объекта, стратегии, расписания, критериев начала и окончания тестирования, до необходимого в процессе работы оборудования, специальных знаний, а также оценки рисков с вариантами их разрешения.

Хороший тест план должен как минимум отвечать на следующие вопросы:

- что надо тестировать (объект тестирования: система, приложение, оборудование)
  - что будете тестировать (список функций и компонент тестируемой системы)
  - как будете тестировать (стратегия тестирования – виды тестирования и их применение по отношению к тестируемому объекту)
  - когда будете тестировать (последовательность проведения работ: подготовка, тестирование, анализ результатов, в разрезе запланированных фаз разработки проекта)
  - критерии начала и окончания тестирования.
- Тест-кейс – это набор условий и/или переменных, с помощью которых тестировщик будет определять насколько полно тестируемое приложение удовлетворяет предъявляемому к нему требованию. Для того, чтобы убедиться, что требование полностью удовлетворяется, может понадобиться несколько тест-кейсов. Для полного тестирования всех требований, предъявляемых к приложению, должен быть создан/выполнен по меньшей мере один тест-кейс для каждого требования. Если требование имеет дочерние требования, то для каждого такого дочернего требования должен быть создан/выполнен также по крайней мере один тест-кейс. Некоторые методологии (например, RUP) рекомендуют создавать по меньшей мере два тест-кейса для каждого требования. Один из них должен выполнять позитивное тестирование, другой – негативное [3].

Для нашей задачи тест-план будет выглядеть следующим образом:

Таблица 1.

Тест-план

Тесты	Ответственный	Емкость работы, ч	ЗАТРАТЫ ВРЕМЕНИ							
Тестирование начала и окончания работы с программой	Иванов И.И.	2								
Тестирование работы с записью	Петров П.П.	8								
Тестирование настройки и сохранения интерфейса пользователя	Иванов И.И.	2								
Тест на работу с окном программы	Иванов И.И.	4								
Тест на работу с меню программы	Петров П.П.	4								
Тест на работу клавиатуры и мыши	Иванов И.И.	4								
Нагрузочное тест-	Петров П.П.	2								

тирование										
Регрессионное тестирование	Иванов И.И.	2								

Для нашей задачи опишем несколько тест-кейсов, параллельно проводя предъявленные тесты на реально разработанной программе.

Таблица 2.

**Тест-кейсы**

№	Действие	Ожидаемый результат	Фактический результат
1	Запуск программы в ОС Windows	запустить программу в ОС Windows; программа запускается.	Программа запустилась
2	Выход из программы через главное меню	запустить программу; открыть меню «запись» - выход; открывается окно подтверждения; программа закрывается.	Программа закрылась При нажатии в окне подтверждения «нет», выходит ошибка и программа все равно закрывается
3	Создание записи	запустить программу; открыть меню «запись» - «новая»; открывается пустое окно записи.	открывается пустое окно записи
4	Сохранение записи в файл	начала тест №3; ввести данные; открыть меню «запись» - «сохранить» («сохранить как»); открывается окно выбора места сохранения записи; ввести имя файла; запись сохранилась в выбранном месте.	При нажатии на меню «запись» - «сохранить» и сохранении новой записи выдает ошибку При нажатии на меню «запись» - «сохранить как» и сохранении новой записи во вкладке «Text» вместо введенного текста «System error.»
5	Просмотр сохраненной записи	запустить программу; открыть меню «запись» - «открыть»; открывается окно выбора записи; выбрать запись; запись отображается в окне записи.	Запись отображается
6	Одновременный просмотр нескольких записей в новом окне	запустить программу; открыть 5 записей; каждая запись открылась в новом окне.	каждая запись открылась в новом окне возможность открыть более одного окна работы с одной записью

7	Редактирование записи	запустить программу; открыть меню «запись» - «открыть»; открывается окно выбора записи; выбрать запись; изменить заголовок, текст, дату и приоритет записи; все данные изменены.	все данные изменены
8	Взаимодействие ползунка и списка в окне записи	запустить программу; открыть меню «запись» - «открыть»; открывается окно выбора записи; выбрать запись; переместить ползунок (выбрать значение списка); значение списка изменилось (ползунок переместился).	При выборе в списке строки «Высокая» переключается на «Низкая» Не соответствуют данные ползунка строкам в списке
9	Сохранение записи после изменения	начало в пункте №7; нажать кнопку «Save», либо меню «запись»-«сохранить»; данные сохранены.	Данные не сохраняются при нажатии на кнопку «Save» Меню «запись»-«сохранить» не сохраняют данные во вкладке «Text»

Качество большого продукта зависит от работы каждого, кто его проектирует, программирует, тестирует и документирует. Никакие стандарты и спецификации, никакой контроль и отслеживание изменений не гарантируют качества продукции. Все зависит только от людей – их работоспособности, мастерства и умения работать в команде.

*Библиографический список*

1. Канер, Сэм. Тестирование программного обеспечения. Фундаментальные концепции менеджмента бизнес-приложений [Текст]: Пер. с англ./ Сэм Каннер, Джек Фолк, Энг Кек Нгуен. – К.: Издательство «ДиаСофт», 2001. – 544с.;
2. Калбертсон, Роберт. Быстрое тестирование [Текст]: Пер. с англ./Роберт Калбертсон, Крис Браун, Гэри Кобб. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 374 с.;
3. Тамре, Луиза. Введение в тестирование программного обеспечения [Текст]: Пер. с англ.. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 368 с. :ил.

© Данилова М. С., 2015

УДК 004.94

**В. Л. Дмитриев\****\*Дмитриев Владислав Леонидович, к.ф.-м.н, доцент**Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, г. Стерлитамак*

admwell@yandex.ru

### МУЛЬТИАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ИЗУЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА МНОГОПОЛОСНОЙ МАГИСТРАЛИ

*Ключевые слова: автотранспортные потоки, микроскопические модели, многополосное движение, мультиагентное моделирование, обгон.*

*Работа посвящена изучению автотранспортных потоков на многополосных магистралях средствами мультиагентного моделирования. Разработана оригинальная двумерная микроскопическая модель для описания автомобильного движения на многополосных участках автотрасс с возможностью рассмотрения до 8 полос движения и размещения генераторов автомобилей, а также учитывающая дорожные знаки.*

В настоящее время все увеличивающийся поток автомобильного транспорта приводит к росту нагрузки на транспортную систему: увеличение количества транспортных средств как личных, так и общественных, привело к перегруженности городских дорог, многочасовым пробкам, затруднению движения пешеходов, увеличению количества аварий и т.д. В связи с этим многие из нас сталкиваются с целым рядом проблем дорожного движения (транспортные заторы, снижение безопасности дорожного движения, загрязнение окружающей среды), которые проявляются на фоне того, что темпы роста количества автомобилей значительно опережают темпы развития дорожно-транспортной сети, не рассчитанной на современные объемы транспортных потоков. В зависимости от времени суток ситуация на дорогах может кардинально меняться, поэтому возникает необходимость прогнозирования загрузки элементов сети. Все это требует принятия соответствующих мер для решения проблемы управления транспортными потоками.

В качестве примера временной (суточной) зависимости загрузки транспортной сети может служить образование заторов при уменьшении количества полос или невозможности движения по каким-либо полосам (например, из-за ДТП) – в итоге за короткий промежуток времени движение может быть практически парализовано на большом участке автострады. Поэтому применение мультиагентного моделирования и создание адекватной модели транспортного потока является актуальной задачей в процессе организации и управления дорожным движением.

В моделировании дорожного движения исторически сложилось два основных подхода – детерминистический и вероятностный (стохастический). В основе детерминированных моделей лежит функциональная зависимость между отдельными показателями, например, скоростью и дистанцией между автомо-

билями в потоке. В стохастических моделях транспортный поток рассматривается как вероятностный процесс.

Вообще, все модели транспортных потоков можно разбить на три класса: модели-аналоги, модели следования за лидером и вероятностные модели.

В моделях-аналогах движение транспортного средства уподобляется, какму либо физическому потоку (гидро- и газодинамические модели). Этот класс моделей принято называть макроскопическими [2, 7, 8].

В моделях следования за лидером существенно предположение о наличии связи между перемещением ведомого и головного автомобиля. По мере развития теории в моделях этой группы учитывалось время реакции водителей, исследовалось движение на многополосных дорогах, изучалась устойчивость движения. Этот класс моделей называют микроскопическим [1].

В вероятностных моделях транспортный поток рассматривается как результат взаимодействия транспортных средств на элементах транспортной сети. Так, например, в работе [4] представлена модель, основанная на стохастическом многополосном транспортном клеточном автомате, включающая правила «медленного старта» и «пространственного упреждения». В связи с жестким характером ограничений сети и массовым характером движения в транспортном потоке складываются отчетливые закономерности формирования очередей, интервалов, загрузок по полосам дороги и т. п. Эти закономерности носят существенно стохастический характер [6, 7].

Рассматриваемая в работе модель относится к микроскопическому типу моделей, в частности она опирается на модели клеточных автоматов и следования за лидером. Объектом моделирования является сложная система дорожного движения, состоящая из автомобилей, знаков дорожного движения, дорожной разметки. При этом все эти элементы постоянно взаимодействуют между собой. Таким образом, рассматриваемая модель представляет собой мультиагентную систему, которая, тем не менее, наряду с правилами поведения агентов-автомобилей, будет описываться еще и дифференциальными уравнениями, учитывающими поведение автомобилей (например, набор скорости, торможение, и т.д.) [3, 5].

При разработке модели приняты следующие основные положения:

- модель описывает движение каждого транспортного средства в отдельности с учетом дорожной обстановки;
- автомобили-агенты в основном двигаются со скоростями, обеспечивающими безопасное движение при данных обстоятельствах;
- большинство автомобилей-агентов соблюдают правила дорожного движения;
- каждый автомобиль-агент может запросить в любой момент времени некоторую информацию, относящуюся к другому участнику движения;
- под взаимодействием элементов транспортной системы понимается некоторое событие (например, когда автомобиль, движущийся с более высокой скоростью, встречает на своей полосе автомобиль, движущийся медленно).

В рамках данной модели каждый отдельный автомобиль определяется в данный момент времени  $t$  своей координатой в пространстве  $x(t)$ , скоростью  $v(t)$  и ускорением  $a(t)$ . Для каждого автомобиля записывается уравнение дви-

жения, которое является аналогом закона Ньютона для взаимодействия отдельных частиц (ускорение или замедление автомобиля в данный момент времени является его реакцией на воздействие на него со стороны окружающих автомобилей в предыдущий момент времени). Таким образом, окружающие автомобили можно в какой-то мере рассматривать как внешнюю силу.

Полоса автодороги разбивается на условные «ячейки» одинаковой длины и ширины, причем модель не ограничивает количество автомобилей в ячейке единственным числом. Каждая ячейка может быть заполнена любым сегментом дорожного полотна.

Автомобили-агенты определяются набором следующих характеристик:

- максимально допустимая скорость движения;
- максимально возможное ускорение автомобиля;
- ускорение при экстренном торможении;
- время реакции водителя;
- скорость движения автомобиля в данный момент времени;
- текущее ускорение автомобиля с учетом обстановки на дороге;
- координаты автомобиля с учетом номера полосы для движения;
- состояние автомобиля (движение с комфортным ускорением, равномерное движение, экстренное ускорение или замедление, состояние обгона, остановка).
- стиль езды (медленный, нормальный, активный, спортивный);
- тип поддерживаемой дистанции (далеко, безопасно, близко).

Каждый водитель (автомобиль-агент) при необходимости может менять полосу движения, когда принимает решение совершить обгон впереди идущего автомобиля или объехать препятствие. Приоритет отдается левосторонним перестроениям, поскольку правилами дорожного движения обгон справа запрещен (тем не менее, правосторонние обгоны могут совершаться нарушителями). Перед совершением маневра проверяется выполнение следующих условий:

- расстояние до впереди идущего автомобиля по полосе встречного движения должно быть больше предельного;
- расстояние до впереди идущего автомобиля должно позволять начать обгон, не столкнувшись с ним при ускорении;
- текущая скорость движения автомобиля должна быть меньше максимально возможной скорости движения текущего автомобиля (ресурс скорости), но больше скорости впереди идущего автомобиля;
- позади идущий автомобиль по полосе, на которую предполагается выполнить перестроение, находится на безопасном расстоянии.

При выполнении данных условий автомобиль может начать обгон. В случае если совершить обгон невозможно (например, полоса для перестроения занята), водитель более быстрого автомобиля снижает свою скорость таким образом, чтобы расстояние между ним и впереди идущим автомобилем соответствовала принятому безопасному расстоянию в модели его поведения. При этом замедление автомобиля происходит с некоторым «комфортным» ускорением.

На основе перечисленных предположений разработана компьютерная программа, осуществляющая моделирование транспортного потока на прямых участках многополосной автодороги и позволяющая изменять число полос на отдельных ее участках (например, путем расположения препятствий). При размещении автомобилей на трассе параметры автомобилей могут быть выбраны индивидуально для каждого автомобиля, что позволяет учитывать индивидуальные характеристики водителей и транспортных средств.

Кроме того, в программе предусмотрено расположение на каждой из полос магистрали генераторов автомобилей, которые можно в любое время активировать или деактивировать. Каждый генератор при генерации автомобилей-агентов может задавать следующие характеристики автомобилей из диапазонов установленных значений:

- максимально допустимая скорость движения;
- максимально возможное ускорение автомобиля;
- ускорение при экстренном торможении;
- время реакции водителя;
- стиль езды (медленный, нормальный, активный, спортивный);
- тип поддерживаемой дистанции (далеко, безопасно, близко).

Временной интервал генерации устанавливается в этом случае для генератора на каждой полосе движения.

Ниже на рис. 1 показано основное окно разработанной программы в процессе моделирования. В начале каждой полосы движения расположен генератор с заранее установленными параметрами. На первой, второй и четвертой полосах расположены препятствия. Ниже первой полосы движения расположена зона, в которой можно размещать дорожные знаки.

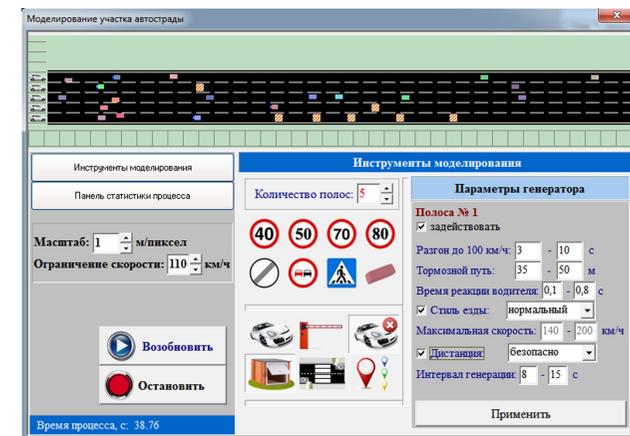


Рис. 1. Окно программы в процессе моделирования

В программе предусмотрен механизм слежения за изменением характеристик каждого участника движения.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что система для моделирования дорожных ситуаций на многополосных участках автомобильных дорог может служить хорошим инструментом для прогнозирования развития ситуаций, связанных с образованием и развитием автомобильных пробок. Так, модель показывает, что: вероятность образования пробок существенно растет для магистралей, имеющих не менее 12-15 машин на километр полосы; пропускная способность участка магистрали падает, если движущиеся по ней автомобили имеют существенно различающиеся скорости и стратегии поведения водителей.

Таким образом, работа позволяет достаточно полно и наглядно продемонстрировать развитие таких дорожных обстановок, как возникновение аварийных ситуаций, обгон, торможение, образование пробок. В дальнейшем предполагается ввести в схему дорожного движения пешеходные переходы с рядом настраиваемых параметров.

#### Библиографический список

1. Гасников А.В., Кленов С.Л., Нурминский Е.А., Холодов Я.А., Шамрай Н.Б. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: Учебное пособие / Издание 2-е, испр. и доп. А.В. Гасников и др. Под ред. А.В. Гасникова. – М.: МЦНМО, 2013. – 428 с.
2. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем: учебное пособие / СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 191 с.
3. Дмитриев В.Л., Ахмадеева Р.З. Некоторые подходы к моделированию динамики транспортных потоков // Сборник статей II Международной заочной научно-технической конференции «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2012)» Ч.1. Тольятти: Изд-во Поволжского гос. ун-та сервиса. – 2012. – С. 135-141.
4. Долгушин Д.Ю., Мызникова Т.А. Имитационное моделирование дорожного движения для оценки экологического влияния автотранспорта // Системы управления и информационные технологии. 4.1 (38). – 2009. – С. 139-142.
5. Евдокимова Н.Л., Дмитриев В.Л. Имитационное моделирование движения автомобилей на участке автостреды // Сборник статей III Международной заочной научно-технической конференции «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013)». Ч.3. Тольятти: Изд-во Поволжского гос. ун-та сервиса. – 2013. – С. 126-130.
6. Карамзин Ю.Н., Трапезникова М.А., Четверушкин Б.Н., Чурбанова Н.Г. Двумерная модель автомобильных потоков // Математическое моделирование. Т. 18. № 6. – 2006. – С. 85-95.
7. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса // Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. – М., 2004. – 32 с.
8. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. № 11. – 2003. – С. 3-46.

© Дмитриев В. Л., 2015

УДК 004.94

**В. Л. Дмитриев\***

*\*Дмитриев Владислав Леонидович, к.ф.-м.н, доцент*

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, г. Стерлитамак*

*admwell@yandex.ru*

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЛОЧНОЙ РАЗМЕТКИ ТЕСТА

*Ключевые слова: материалы теста, блоки заданий, конструктор теста, расположение заданий теста, классификация вопросов теста.*

*Статья является продолжением работы, посвященной разработке системы оценки знаний учащихся и студентов, основанной на блочной разметке и анализе материалов теста, представленного в графическом формате. Программа позволяет создавать тестовые задания практически любой степени сложности в плане расположения элементов теста. При этом сам тест формируется в любом удобном для разработчика теста графическом или текстовом редакторе. Программу отличает использование минимального количества инструментов, выполняющих формирование теста и отвечающих за сам процесс тестирования.*

Процесс обучения носит нелинейный характер, но именно от того, насколько полно и качественно будет усвоена базовая часть, во многом зависит дальнейший процесс обучения. При этом с самых ранних этапов обучения необходимо развивать у учащихся навыки конструктивного мышления [2]. Именно поэтому в процессе обучения преподавателю необходимо обладать регулярной объективной информацией о том, насколько хорошо усваивается материал учащимися, с какой степенью самостоятельности они могут применять полученные знания при решении практических задач. Такое возможно только в случае, если в процессе обучения между преподавателем и учащимся существует обратная связь, посредством которой преподаватель может не только оценивать динамику усвоения учебного материала, но и знать, как воздействовать на учащихся с целью организации и корректировки хода учебного процесса. Ясно, что обратная связь должна существовать на всех стадиях процесса обучения, но особенно пристальное внимание нужно обратить на начальный этап обучения, когда формируется система понятий, объектов и свойств этой дисциплины, показываются основные взаимосвязи между ними.

В настоящее время существуют всевозможные формы и методы проверки и оценки знаний учащихся. Одной из широко распространенных форм проверки и оценки знаний является автоматизированное (компьютерное) тестирование [1, 3 – 9]. Оно может применяться во всех видах контроля: предварительном, текущем, тематическом, итоговом. С одной стороны, тестирование позволяет оперативно, достаточно точно и непредвзято определить уровень знаний учащихся. В зависимости от используемых тестирующих программ, оно позволяет также провести анализ проблемных вопросов, которые вызвали наиболь-

шие трудности у учащихся, и, тем самым, спланировать необходимую коррекционную работу. С другой стороны, тестирование позволяет самим учащимся проводить самоконтроль, и выяснять, какие разделы дисциплины им необходимо повторить. Самоконтроль стимулирует познавательную активность учащегося, воспитывает сознательное отношение к проверке, способствует выработке умений планировать свою деятельность с целью устранения выявленных ошибок и недочетов. Умение учащегося планировать свои действия по результатам самоконтроля, разумеется, формируется не сразу, а постепенно, но зато дает в дальнейшем хорошие результаты.

В представленной работе рассматривается доработанная автором система оценки знаний учащихся и студентов, описанная ранее в работах [3 – 5]. Программа позволяет формировать задания для проведения компьютеризованного тестирования практически любой степени сложности в плане расположения элементов теста. Разработка теста может проводиться в любом удобном для разработчика тестов графическом или текстовом редакторах, что также является отличительной чертой рассматриваемого программного продукта. Вопросы, любое графическое содержание и варианты ответов при этом могут располагаться в любой области страницы теста.

В отличие от предыдущей версии, в программе добавлены следующие возможности:

установка количества баллов за каждый из вопросов теста, в зависимости от сложности вопроса;

поддержка вопросов на восстановление хронологической последовательности, совмещенная в одном инструменте с вопросами на соответствие и упорядочение;

поддержка обмена вариантами ответов между отдельными группами вопросов (данная возможность позволяет формировать перекрестные вопросы, например, когда один вопрос является логическим продолжением другого).

Ниже на рис. 1 приведено окно программы в режиме формирования теста. Первый вопрос на рис. 1 – вопрос на упорядочение. Цифры, указанные у границ блоков вариантов ответов характеризуют верный порядок следования вариантов.

На рис. 2 приведено окно программы в режиме тестирования.

В режиме тестирования при ответе на вопрос с заданием на соответствие или заданием на выставление верной хронологической последовательности, учащемуся достаточно кликами мыши выставить верное расположение вариантов ответов (пара вариантов, на которых были осуществлены клики, меняются местами). Таким образом, в процессе тестирования не приходится совершать каких-либо сложных манипуляций наподобие выбора и выставления цифр последовательностей, и т.д.

В следующих версиях программы планируется добавить механизм перетаскивания областей или фигур, а также возможность добавлять в текст вопроса поля ввода.

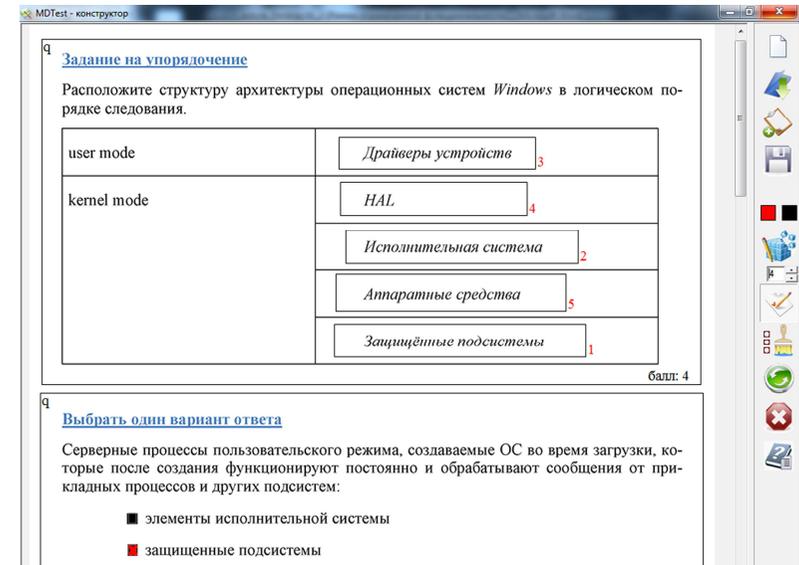


Рис. 1. Окно программы в режиме формирования теста

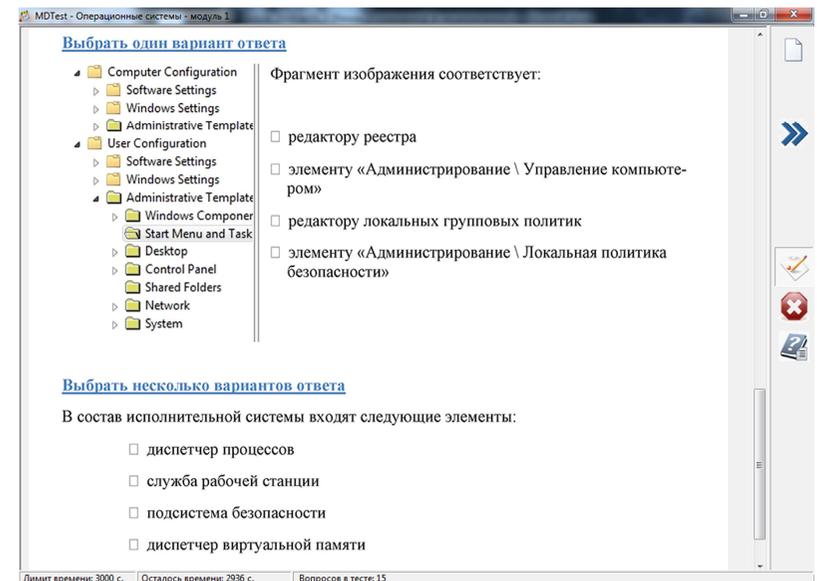


Рис. 2. Окно программы в режиме тестирования

*Библиографический список*

1. Горвая Т.Ю. Современные системы компьютерного тестирования: аналитический обзор // Историческая и социально-образовательная мысль. № 1, 2013. – С. 79-81.
2. Дмитриев В.Л., Ахмадеева Р.З. Развитие конструктивного мышления при изучении программирования // Информатика и образование. № 2. – 2009. – С. 69-73.
3. Дмитриев В.Л. Разработка системы оценки знаний с поддержкой произвольного расположения тестовых заданий // Сборник статей III Международной заочной научно-технической конференции «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013)». Ч.3. Тольятти: Изд-во Поволжского гос. ун-та сервиса. – 2013. – С. 116-120.
4. Дмитриев В.Л. Тестирование в игровой форме как способ проверки усвоения учебного материала // Информатика в школе. № 10 (83), 2012. – С. 41-43.
5. Дмитриев В.Л. Компьютерная программа для проведения тестирования с поддержкой произвольного расположения материалов теста // Информатика и образование. № 2 (251). – 2014. – С. 41-43.
6. Ефремова Н.Ф. Современные тестовые технологии в образовании. М.: Логос, 2003. – 173 с.
7. Майоров А.Н. Теория и практика создания тестов для системы образования. М: Интеллект-Центр, 2002. – 296 с.
8. Матушанский Г.У. Проектирование педагогических тестов для контроля знаний // Информатика и образование. № 6, 2000. – С. 7-10.
9. Нейман Ю.М., Хлебников В.А. Педагогическое тестирование как измерение. Ч.1. – М.: Центр тестирования МО РФ, 2002. – 67 с.

© Дмитриев В. Л., 2015

УДК 378.4

**Г. Ф. Долгов\***

*\*Долгов Геннадий Филиппович, к.т.н, доцент*

*Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых*  
dolgov@vlsu.ru

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР SOLIDWORKS В КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ»**

*Ключевые слова: обучение, конструирование, электронные средства, моделирование, SolidWorks, САПР, дестабилизирующие факторы.*

*Рассматриваются возможности САПР SolidWorks в конструкторской подготовке бакалавров по направлению «Конструирование и технология электронных средств». Показываются дисциплины учебного плана, направленные на формирование компетенций конструктора электронных средств, и возможности использования SolidWorks при изучении этих дисциплин.*

Государственные образовательные стандарты третьего поколения, в том числе ФГОС3+, внедряемые в настоящее время, предполагают владение навыками использования современных систем автоматизированного проектирования (САПР). Подобное требование продиктовано в первую очередь современными подходами к разработке электронных средств, когда сокращение сроков разработки напрямую зависит от степени внедрения САПР на предприятии и от качества владения ими инженерно-технического персонала.

Бакалавры направления 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» должны уметь разрабатывать конструкции электронных средств (ЭС), работающих в условиях воздействия различных дестабилизирующих факторов [1]. При эксплуатации ЭС подвергаются интенсивным механическим нагрузкам: вибрациям, ударам, линейным ускорениям; подвергаются воздействию электромагнитных и ионизирующих излучений; сами являются источниками электромагнитных волн; при этом они работают в широком температурном диапазоне и в условиях повышенной влажности. Указанные дестабилизирующие факторы значительно снижают надежность ЭС и приводят к их отказу. На этапе разработки конструкции ЭС необходимо показать, что элементная база и элементы конструкции не разрушатся, а ЭС будет нормально функционировать в заданных условиях эксплуатации.

Научить бакалавров за четыре года проектировать надежную аппаратуру без применения САПР не возможно. Известно, что основная задача учебных заведений всех уровней заключается в том, чтобы обеспечить в минимально экономически разумный срок получение учащимся того максимально возможного и необходимого объема научных и практических знаний, который соответствует требованиям, предъявляемым к специалистам [2].

Учебный план подготовки бакалавров направления 11.03.03, разработанный в ВлГУ, обеспечивает непрерывность конструкторской подготовки и ее тесную взаимосвязь с подготовкой в области САПР. При разработке учебного плана и рабочих программ изучаемых дисциплин в конструкторской подготовке в качестве основной САПР выбрана SolidWorks. В качестве дополнительных

CAD/CAE систем используются КОМПАС 3D (выпуск чертежей), Altium Designer (компоновка и трассировка печатных плат), Multysim (анализ сигналов) и др. И если дополнительные САПР изучаются в отдельных семестрах, то SolidWorks изучается и применяется непрерывно во всех семестрах. Почему такое внимание мы уделим освоению SolidWorks? На это есть причины:

- указанная система является основным рабочим инструментом во многих конструкторских подразделениях большинства предприятий не только г. Владимира и Владимирской области (предприятия основного работодателя), но и на предприятиях других регионов РФ и других государств;
- в этой системе органично совмещены модули по созданию электронных моделей изделий, выпуску чертежей и расчету различных полей (механических, тепловых, электромагнитных и пр.);
- она легко стыкуется с другими САПР, изучаемыми студентами направления 11.03.03, и используемыми в конструкторских подразделениях предприятий.

В 1-ом и 2-ом семестрах студенты изучают дисциплины «Инженерная и компьютерная графика», «Автоматизация разработки конструкторской документации». При этом они начинают осваивать азы SolidWorks: учатся создавать электронные модели и выпускать чертежи. В 3-ем семестре студенты изучают дисциплину «Информационные технологии в проектировании ЭС», в которой более глубоко осваивают возможности создания электронных моделей в SolidWorks. Также, в 3-ем семестре студенты изучают «Основы проектирования несущих конструкций и механизмов ЭС». В этой дисциплине кроме лекций, лабораторных и практических занятий необходимо выполнить курсовой проект. В процессе выполнения заданий студенты осваивают модули SWMotion, позволяющий проводить кинематический анализ механизмов; SWSimulation, позволяющий рассчитывать силы, моменты сил, механические напряжения во всех деталях. Так, в качестве примера, на рис. 1-2 показаны поля напряжений и деформаций вала, рассчитанные в SWSimulation при действии крутящего момента. Модуль SWMotion позволяет создавать анимацию движения звеньев моделируемого механизма, что значительно облегчает студентам изучение различных видов механических передач. Вопрос организации занятий по аналогичной дисциплине рассматривался в [3].

В четвертом семестре студенты изучают дисциплину «Компоненты электронных средств», в которой кроме схематехнического аспекта большая доля занятий посвящена конструкторским вопросам, решаемым с помощью SolidWorks.

С 5-го семестра изучаются основные профессиональные дисциплины: «Конструкторско-технологическое проектирование ячеек электронных средств», «Конструирование электронных средств» и параллельно рассматривают вопросы защиты электронных средств от дестабилизирующих факторов. Используя модуль SWSimulation при разработке конструкций приборов, студенты оценивают возможность возникновения механических резонансов элементов конструкции, рассчитывают возникающие механические напряжения как при статических нагрузках, так в условиях вибрационных и ударных воздействий, проверяют эффективность защитных мер. Особенностью модуля SWSimulation является возможность моделирования конструкций при их резонансе, что аналитическими методами сделать весьма сложно. Вопросы обеспечения нормальных тепловых режимов проектируемой аппаратуры решаются с применением модуля SWFlowSimulation. Этот модуль позволяет рассчитывать температурные поля с учетом всех видов теплообмена (конвекция, кондукция,

излучение). При необходимости любые виды теплообмена в расчетах можно отключить. Такая необходимость иногда возникает для оценки эффективности принимаемых мер с целью обеспечения нормальных тепловых режимов. Тепловые поля в системе SW рассчитываются для любых твердых материалов, газов и жидкостей, что особенно актуально при использовании жидкостных систем охлаждения. Имеется возможность изменять величины атмосферного давления и ускорения свободного падения, что особенно актуально для самолетной и космической аппаратуры. Результаты расчета различных полей могут быть представлены в разнообразном виде (эпюры, таблицы и пр.).

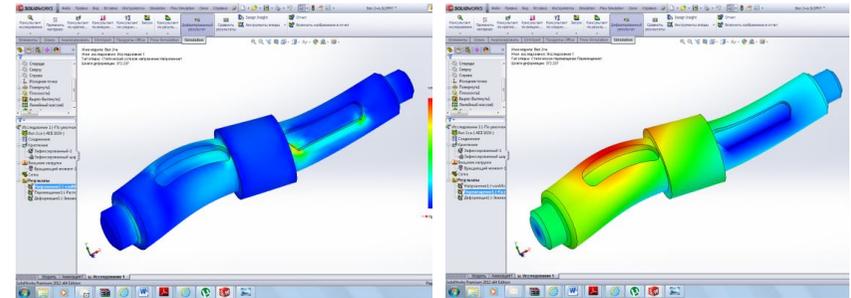


Рис. 1. Рассчитанные напряжения в вале

Рис. 2. Рассчитанные деформации вала

В качестве примера расчета жидкостной системы охлаждения ячейки электронного средства на рис. 3 и 4 показана реальная конструкция в виде медной оксидированной пластины размером  $370 \times 270 \times 10$  мм<sup>3</sup>, внутри которой сформированы каналы для прокачки воды, а на поверхности пластины размещены электрорадиоэлементы, выделяющие 500 Вт тепловой мощности. Внешний вид пластины, разрезанной по плоскости симметрии, показан на рис. 3. На рис. 4 приведены поля температур, рассчитанные в SWFlowSimulation при прокачке через каналы пластины воды с температурой на входе 20 °C и перепаде давлений 5 Па. Температура окружающего воздуха составляет 20 °C. При этом перегрев пластины достигает 105 °C. Если перепад давлений воды на входе и выходе из пластины увеличить до 500 Па, то перегрев снижается до 15 °C.

Вопросы моделирования электромагнитных полей решаются с помощью модуля Electro Magnetic Simulation, используя который можно рассчитать параметры электромагнитных полей, оценить электромагнитную совместимость узлов разрабатываемого прибора и эффективность принятых мер по снижению уровней излучений.

Овладевать навыками художественного конструирования в дисциплине «Эргономика и дизайн» помогает модуль PhotoWorks, также с его помощью студенты получают фотореалистические изображения приборов.

Навыки работы с SolidWorks, полученные студентами в восьми семестрах, оказываются полностью востребованными при выполнении выпускной квалификационной работы. Большинство конструкторских расчетов выпускной работы проводится с помощью САПР SolidWorks, в которой изначально создает-

ся электронная модель изделия, а на конечном этапе конструирования оформляется и выводится на бумагу конструкторская документация.

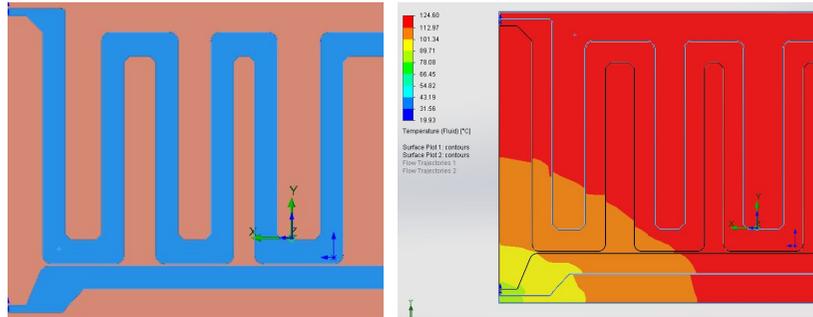


Рис. 3. Каналы для жидкости

Рис. 4. Поле температур

Таким образом, САПР SolidWorks помогает за четыре года подготовить бакалавров по направлению 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», которые оказываются востребованными на рынке труда, так как хорошо владеют современными технологиями конструирования электронных средств.

#### Библиографический список

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (уровень бакалавриата). М.: М-во образования и науки Российской Федерации, 2013. – 24 с. URL: <http://uch.ulstu.ru/node/112> (дата обращения: 29.03.2015).
2. Иванов В.В., Данилова М.С., Челноков А.Ю. Разработка электронного учебника по дисциплине «Компьютерный практикум» и контроль успеваемости студентов в системе дистанционного обучения MOODLE // Сб. статей III международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2013. – 409 с. С. 149-153.
3. Варакин А.А., Долгов Г.Ф. Использование информационных технологий в курсе «Прикладная механика» при подготовке бакалавров направления «Конструирование и технология электронных средств». // Труды международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования» - ИНФОРИНО-2012 (Москва, 10—11 апреля 2012 г.). — М.: Издательский дом МЭИ, 2012. — 552 с. С. 431-434.

© Долгов Г. Ф., 2015

УДК 629.7

**А. М. Егоров\***

*\*Егоров Андрей Михайлович, аспирант*

*Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)*

*eandrm07@mail.ru*

### ОТКАЗОУСТОЙЧИВАЯ БОРТОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАНОСПУТНИКА SAMSAT-218D

*Ключевые слова: Наноспутник, живучесть, бортовые средства, автономность.*

*В статье рассматривается бортовая система наноспутника SamSat-218D, разработанного в Самарском государственном аэрокосмическом университете для отработки технологий навигации и управления. Рассматриваются основные способы локализации отказов бортовых элементов, поддержания работоспособного состояния борта с учётом конструктивных и программных ограничений.*

Современное направление развития сферы космических экспериментов, проводимых университетами мира, неразрывно связано с использованием наноспутников. Аппараты широко применяемого стандарта CubeSat характеризуются малой массой до 3 кг, малыми габаритными размерами: от одного до трёх кубических блоков с гранью 10 см.

Широкое использование наноспутников во многом обусловлено малым временем их разработки, а также значительной дешевизной запуска. Такие аппараты могут выводиться на орбиту попутно, в добавление к основной полезной нагрузке.

Усложнение задач, решаемых с помощью наноспутников, требует создания более эффективных и отказоустойчивых подсистем связи, навигации и управления. [1]

В СГАУ был разработан наноспутник SamSat-218, предназначенный для демонстрации этих технологий. Он имеет две модификации: демо-версия и полная версия.

Демо-версия названа SamSat-218D и будет запущена в конце 2015 года. Этот наноспутник продемонстрирует улучшенные алгоритмы навигации и управления, которые позволяют достичь эффекта собственной отказоустойчивости наноспутника.

Полная версия будет запущена в 2017 году и, в дополнение к протестированным алгоритмам навигации и управления, продемонстрирует технологию связи через российские низкоорбитальные спутниковые системы связи, такие как Гонец, технологию навигации по анализу видеоизображения и т.д.

Интерес представляет решение проблемы обеспечения живучести наноспутника можно сформулировать следующим образом. Для наноспутника с конкретной бортовой аппаратурой и присущими ей отказами определить эффективные схемы обеспечения работоспособности наноспутника и приемлемое

решение обеспечения живучести наноспутника непосредственно на орбите исходя из минимизации потерь целевой информации при отказах. [2]

Известны различные подходы и методы управления живучестью космических аппаратов. Широкое применение имеют те, в основе которых лежит увеличение надёжности всех структурных элементов. Данный метод не находит применения для аппаратов нанокласса, поскольку влечёт удорожание и усложнение бортовой аппаратуры. При проектировании наноспутников часто используются электронные компоненты и модули широкого применения, не обладающие высокой радиационной стойкостью.

Поэтому при проектировании наноспутника SamSat-218D выбран другой распространённый метод – создание избыточности на борту. Она может быть структурной, информационной, функциональной, временной. [3]

Структурная избыточность подразумевает дублирование отдельных элементов и систем борта, использование «горячего» или «холодного» резервирования. Применительно к наноспутнику, такой метод может быть использован, однако количество резервируемых элементов должно быть ограничено. Резервированию целесообразно подвергать критически важные элементы борта, которые обладают небольшой массой и габаритами.

Информационная избыточность подразумевает возможность получения одинаковой информации различными способами, от различных источников, с разной точностью. Данный подход легко может быть реализован на борту наноспутника и практически не ведёт к увеличению его массы.

Функциональная избыточность подразумевает возможность выполнения одной и той же операции различными элементами борта. Примером может служить эффективный способ резервирования командной радиолинии, который будет в полной версии наноспутника SamSat-218: помимо основного приёмопередатчика на борту может быть размещён радиомодем, позволяющий осуществлять информационный обмен с командным центром через спутниковые системы связи типа Глобалстар.

Наноспутник SamSat-218D содержит все описанные виды избыточности, что предоставляет большие возможности обеспечения его живучести. Рассмотрим подробнее состав борта наноспутника SamSat-218D (рис. 1).

На борту используется структурное резервирование блока раскрытия антенн для связи с командным центром, самих антенн, а также датчиков параметров движения в экспериментальном компьютере.

Информационная избыточность борта заключается в использовании магнитометров в составе обоих бортовых компьютеров, в возможности измерения напряжения питания бортовой сети двумя элементами борта: в приёмопередатчике и в системе электропитания.

Широкие возможности парирования отказов предоставляет функциональная избыточность. На борту используется два бортовых компьютера: коммерческий и экспериментальный, – установлены солнечные панели совместно с датчиками освещённости, используется дополнительная шина передачи данных между бортовыми компьютерами.

Для обеспечения живучести наноспутника необходимым является использование на борту специального программного обеспечения, позволяющего

анализировать состояние борта и при необходимости осуществлять его реконфигурацию с переходами между резервными элементами.

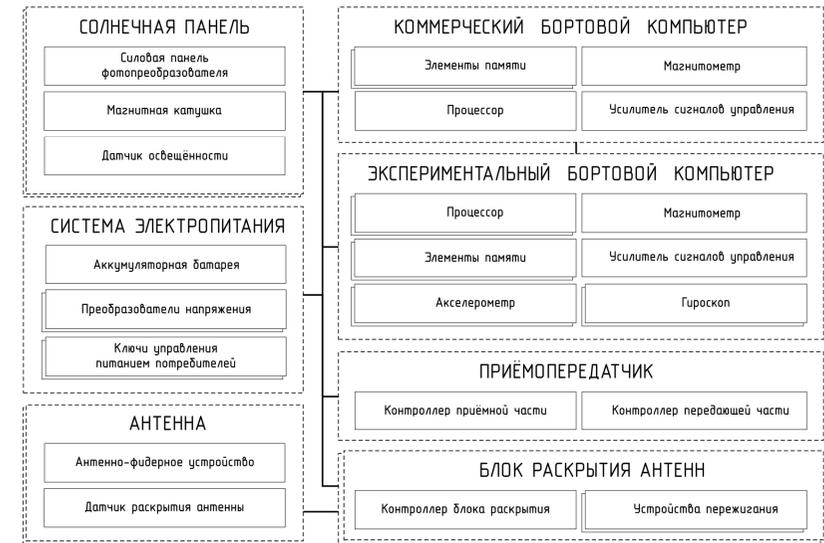


Рис. 1. Структурная схема наноспутника SamSat-218D

На борту может быть использована отдельная система обеспечения живучести, однако это приведёт к увеличению массы наноспутника. Подход, не требующий дополнительных затрат, подразумевает анализ состояния бортовых средств непосредственно бортовым компьютером. Программный код обеспечения живучести может быть полностью выделен в отдельный поток, либо внедрён в существующий код бортового компьютера по частям, относящимся к конкретным используемым бортовым средствам.

Дополнительной возможностью повышения живучести борта является использование нескольких вычислительных ядер в бортовом компьютере по примеру экспериментального компьютера SamSat-218D. При этом каждое ядро должно осуществлять мониторинг состояния соседних ядер, принимать решение об их исправности. Отдельные ядра могут выполнять конкретные функции, однако в случае нештатных ситуаций целесообразно также возлагать на работоспособные ядра задачи отказавших ядер. При этом допустимо снижение качества выполнения задач.

Для обеспечения живучести бортовая система управления (БСУ) имеет базу данных о возможных отказах и способах их обнаружения. Например, отказ числового датчика можно обнаружить, если возвращаемое значение находится вне допустимого диапазона (такое значение не достижимо на практике), если значение не изменяется в течение длительного промежутка времени. [4]

Рассмотрим общий принцип обеспечения отказоустойчивости бортовой системой управления, реализованный на наноспутнике SamSat-218D (рис.2).

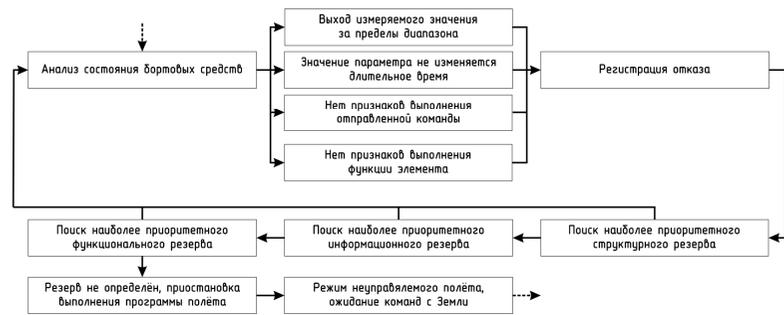


Рис. 2. Принцип работы отказоустойчивой БСУ

Помимо информации об отказах, в БСУ закладывается сценарий реакции на отказ. Сценарий для каждого отказа зависит от типа неисправного элемента, характера избыточности борта, позволяющей обойти возникший отказ. При возникновении отказа неисправный элемент заменяется на его копию (структурный резерв), если таковая имеется. В противном случае – на аналогичный элемент, способный предоставить ту же информацию либо выполнять ту же функцию, что и исходный элемент.

Так как выбор резервного элемента может быть неоднозначным, БСУ должна содержать таблицу приоритетов использования резервных элементов борта. При возникновении отказа в одном из таких элементов борта он автоматически исключается из таблицы, а в качестве резерва используется элемент-копия или элемент-аналог, имеющий наибольший приоритет, согласно таблице.

Выявление и регистрация отказов на борту наноспутника осуществляется на основе признаков отказов. При анализе состояния датчиков производится оценка возвращаемого значения измеряемого параметра. При оценке работы более сложных элементов борта производится комплексная оценка выполнения функции этой системой.

Среди таких элементов борта можно выделить два вида: элементы, отказы которых возможно установить автономно на борту, и элементы, для установления отказов которых необходимо взаимодействие с командным центром на Земле.

Примером элемента первого вида являются магнитные катушки. Они используются на борту для переориентации космического аппарата в пространстве. Это достигается за счёт взаимодействия магнитного поля тока, протекающего в катушках с магнитным полем Земли. Для выявления отказа магнитных катушек необходимо после выдачи управляющего импульса оценить, изменилась ли зависимость углового положения наноспутника во времени. При изменении зависимости можно судить об исправности катушек. Если зависимость

не изменяется после нескольких управляющих импульсов и бортовые элементы, определяющие угловое положение наноспутника исправны, можно судить о неисправности магнитных катушек.

Примером элемента второго вида может быть антенна, которая используется для связи с командным центром на Земле. После вывода на расчетную орбиту и срабатывания контакта отделения, бортовая аппаратура включается, начинается выполнение программы полёта. Так как наноспутник при выведении на орбиту не может содержать элементов, выступающих за установленные габариты, антенны находятся в сложенном состоянии.

В соответствии с программой полёта, наноспутник SamSat-218D производит раскрытие антенн. Поскольку данная функция является критически важной для выполнения миссии наноспутника, на борту предусмотрен структурный резерв: установлены два блока раскрытия антенн, используется по две антенны для приёма и передачи информации.

Для обнаружения отказов антенн и блоков раскрытия антенн на борту используется специальный алгоритм (рис. 3 и 4).

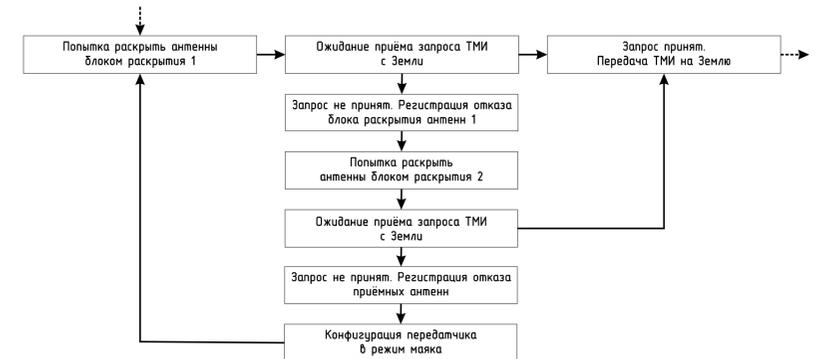
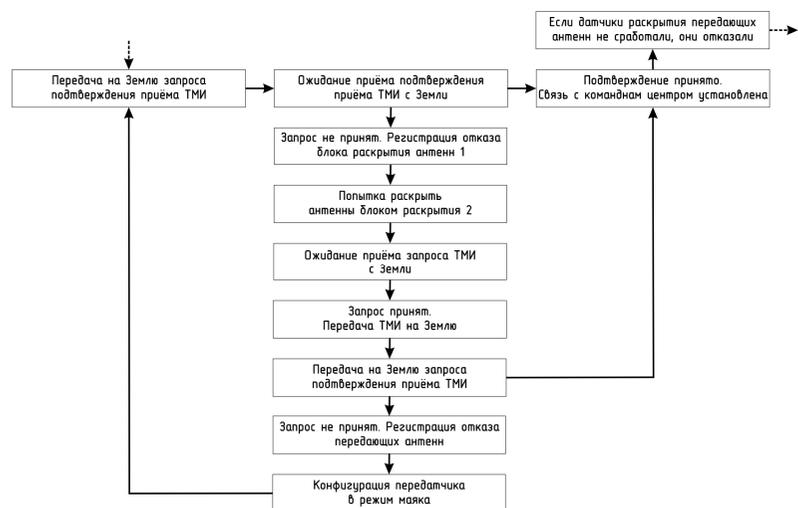


Рис. 3. Алгоритм проверки работы приёмного тракта после раскрытия антенн

После попытки раскрыть антенны с использованием первого блока раскрытия происходит ожидание приёма команды с Земли «Запрос ТМИ». Продолжительность ожидания соответствует двум интервалам между сеансами связи. При этом наземный командный центр управления постоянно передаёт команду «Запрос ТМИ», ожидая вхождения наноспутника в зону радиовидимости.

Приём наноспутником команды «Запрос ТМИ» означает успешное раскрытие приёмных антенн и нормальную работу приёмного тракта. Если команда не принята в течение заданного промежутка времени, происходит вторая попытка раскрыть антенны с использованием второго блока раскрытия, первый блок раскрытия считается неисправным.



**Рис. 4.** Алгоритм проверки работы передающего тракта после раскрытия антенн

После приёма наноспутником команды «Запрос ТМИ», он посылает на Землю запрашиваемую ТМИ, а также «Запрос на подтверждение приёма ТМИ», затем переход в режим ожидания ответа. Наземный пункт отвечает на этот запрос специальной командой «Подтверждение ТМИ», при получении которой на борту можно судить о исправности всего приёмопередатчика, приёмных и передающих антенн. Если команда «Подтверждение ТМИ» не принята в течение заданного промежутка времени, происходит дополнительная попытка раскрыть антенны с использованием второго блока раскрытия, первый блок раскрытия считается неисправным.

Данный алгоритм, в частности, позволяет установить отказ датчиков раскрытия антенн. Признаком такого отказа является успешные операции приёма или передачи информации антеннами при сигнале отсутствия раскрытия антенны с датчика.

Задача обнаружения всего возможного спектра отказов на борту наноспутника довольно сложна. В условиях редких сеансов связи с командным центром, где возможно более детальное выявление отказов, бортовая система управления должна предусматривать стандартный режим функционирования. В случае возникновения непредусмотренного отказа бортовая система управления должна переводить борт в режим, поддерживающий лишь связь с наземным комплексом управления для передачи информации о внештатной ситуации и принятия команд управления. [5]

Таким образом, для создания наноспутника, обладающего повышенной живучестью, необходимо на этапе проектирования заложить различные виды

избыточности бортовых средств. На этапе разработки нужно составить эффективные алгоритмы анализа состояния борта, создать базу данных возможных отказов и резервированных элементов борта, разработать сценарии реакций на отказы.

Построение эффективной бортовой системы управления, обеспечивающей живучесть наноспутника, позволит сделать космические эксперименты более качественными и результативными, выйти на новую ступень развития наноспутников. Поскольку обеспечение живучести реализуется программными средствами, надёжность такого борта будет выше надёжности других аппаратно-программных аналогов.

#### Библиографический список

1. Ахметов Р. Н., Макаров В.П., Соллогуб А.В. Принципы управления космическими аппаратами мониторинга Земли в аномальных ситуациях [Текст]/Р. Н. Ахметов. // Информационно-управляющие системы. 2012. №1. С. 16-22
2. Ахметов Р. Н. Методы и модели автономного управления живучестью автоматических космических аппаратов дистанционного зондирования Земли [Текст] / Р. Н. Ахметов. // Вестник СГАУ имени академика С.П.Королёва. 2008. №2 (15). С. 194-210.
3. Ахметов Р. Н., Макаров В.П., Соллогуб А.В. Особенности обеспечения целевой эффективности космических аппаратов мониторинга Земли в полёте [Текст]/Р. Н. Ахметов. // Вестник СГАУ. 2012. №4. С. 7-17.
4. Егоров А. М. Обеспечение живучести наноспутников [Текст] / А. М. Егоров // Сборник статей IV международной заочной научно-технической конференции ITRT-2014. 2014. С. 118-121
5. Кирилин А. Н. Методы обеспечения живучести низкоорбитальных автоматических КА зондирования Земли: математические модели, компьютерные технологии [Текст]/А. Н. Кирилин, Р. Н. Ахметов, А. В. Соллогуб, В. П. Макаров. – М.: Машиностроение, 2010. – 384 с.

© Егоров А. М., 2015

УДК 621.396

**С. Н. Елисеев\****\*Елисеев Сергей Николаевич, д.т.н., профессор**Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара*

eliseev-sn@psuti.ru

**Е. Д. Струфелев\****\*Струфелев Евгений Дмитриевич, аспирант**Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара*

strufelev@gmail.com

### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОГНИТИВНОГО РАДИО В ДИАПАЗОНЕ ОВЧ ЧМ РАДИОВЕЩАНИЯ

*Ключевые слова: когнитивное радио, диапазон частот ОВЧ ЧМ радиовещания, цифровое радиовещание DRM+, мониторинг и зондирование спектра, обнаружение сигналов первичных пользователей.*

*В условиях интенсивного развития средств беспроводного доступа, мобильной связи и телерадиовещания остро проявляется проблема выделения полос частот для внедрения новых радиотехнологий. Одним из возможных решений данной проблемы является технология когнитивного радио, которая основана на концепции динамического доступа к спектру. Возможность получения автоматического и автономного доступа к ресурсам РЧС позволяет значительно увеличить эффективность их использования за счёт активного участия «вторичных» пользователей. Последние занимают полосы частот, выделенные первичным пользователям (ПП), но временно свободные. В докладе рассмотрен способ динамического доступа вторичных пользователей к спектру, выделенному для цифрового вещания в диапазоне 88-108 МГц.*

#### Введение

В июле 2011 г. завершён стандарт беспроводной связи IEEE 802.22, который используется для передачи данных на неиспользуемых участках в телевизионном ОВЧ/УВЧ-диапазоне (54–862 МГц) частот и использует в полной мере средства когнитивного радио (КР). В России было принято решение ГКРЧ «О создании опытной зоны по внедрению когнитивных систем широкополосного беспроводного доступа в Российской Федерации в полосе радиочастот 470- 686 МГц». Рекомендовано активное исследование технологии когнитивного радио, с целью разработки предложений по внедрению и развитию когнитивных систем связи в полосах частот 470–686 МГц.

Спецификация IEEE 802.22 WRAN нацелена на обеспечение жителей сельских и малонаселенных районов широкополосным доступом в сеть, но существуют направления, для которых востребована сама концепция IEEE 802.22 WRAN с использованием технологии когнитивного радио, но с иными техническими параметрами.

#### Исходные данные

Используемый диапазон радиочастотного спектра.

Рассмотрим диапазон ОВЧ ЧМ радиовещания (87.5-108 МГц). Работающие в ОВЧ-диапазоне технические средства являются лучшим решением для организации передачи данных на дальность до 100 км при умеренных требованиях к скорости передачи данных.

Основной причиной выбора данного диапазона являются уже образовавшиеся «пробелы» в спектре. Каждый аналоговый канал в радиовещании занимает довольно узкую полосу (190...290 кГц), но из-за сильного взаимного влияния сигналов соседних зон их приходится значительно разносить.

Данные «пробелы» предполагалось использовать для внедрения сети цифрового радиовещания, но его внедрение движется крайне медленно. Поэтому представляется возможным организовать сеть связи с применением технологии когнитивного радио (КР). Полагается, что она будет функционировать между сигналами аналогового радиовещания.

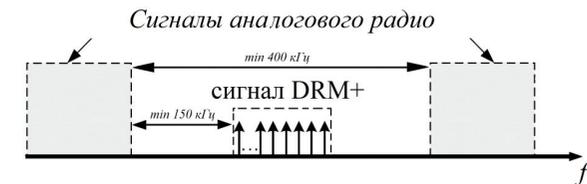


Рис. 1. Положение сигналов аналогового радио и сигналов DRM+.

#### Постановка проблемы

Мониторинг или зондирование радиочастотного спектра – одна из важнейших задач системы КР. Зондирование спектра, как процедура необходимая для динамического доступа к спектру определяется как задача нахождения «пробелов» спектра в местах не занятых ПП. Его эффективность в значительной степени определяет то, насколько возможно увеличить эффективность использования частотного спектра. Алгоритм мониторинга спектра для широкого диапазона отношения сигнал-шум (ОСШ) должен обеспечивать высокую вероятность правильного обнаружения сигналов ПП и низкую вероятность ложного обнаружения. В тоже время необходимо учитывать вычислительную сложность и эффективность этих алгоритмов.

Оптимальным путем для обнаружения любого сигнала является метод согласованных фильтров, поскольку он максимизирует отношение сигнал-шум (ОСШ). Тем не менее, у системы КР должно быть априорное знание сигнала основного пользователя, как на физическом, так и на MAC уровнях. Основным преимуществом метода согласованных фильтров, является то, что он требует меньше времени обработки.

Задача анализатора спектра системы КР заключается в правильном и своевременном детектировании сигналов ПП - цифрового радио (рассмотрим наиболее вероятную технологию DRM+). Так как частоты, выделенные конкретным лицензированным пользователям, находятся в открытом доступе, имеется

набор определенных «априорных» знаний о сигнале ПП. На основе этих знаний представляется возможным построить обнаруживающее устройство системы КР методом согласованной фильтрации.

Таблица 1.

Параметры сигнала DRM+.

Модуляция	OFDM
Ширина полосы канала	96 кГц
Разнос между поднесущими	444,444 Гц
Число поднесущих	213
Модуляция поднесущих	16-QAM
Длительность символа	2,5 мс

### Анализатор спектра

В сигнале DRM+ используется 213 поднесущих частот [2].



Рис. 2. Последовательный анализатор спектра для обнаружения сигнала DRM+.

Рассмотрим канал связи с аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ). Обозначим в общем случае сигнал ПП (DRM+) –  $S(t)$ ; сигнал на первой поднесущей –  $S_1(t)$ , тогда сигнал крайней поднесущей –  $S_i(t)$ , в идеальном случае  $i=213$ .

$$s(t) = \sum_{i=1}^N s_i(t), N = 213 \quad (1)$$

Шум в канале –  $n(t)$ . Сигнал, обнаруженный анализатором спектра, обозначим:  $r(t) = h \cdot S_i(t) + n(t)$ , где  $h=1$ , если сигнал ПП присутствует,  $h=0$ , если сигнал ПП отсутствует.

Обнаружитель строится на основе набора согласованных с этими поднесущими фильтров. Принцип его действия заключается в последовательном мониторинге всех потенциально возможных «пробелов» диапазона, и при обнаружении сигнала DRM+ «выбраковки» этого участка.

Алгоритм работы следующий: «белые пятна» диапазона ОВЧ ЧМ вещания сканируются с шагом в 50 кГц, и при обнаружении поднесущей с ненулевой энергией, сканирование продолжается с шагом равным разному между поднесущими.

Для детектирования сигнала ПП имеются две вариации:

1. Применение «жестких» решений при детектировании каждой поднесущей.
2. Решение на основании суммарной спектральной плотности энергий поднесущих.

1. В первом случае детектор на основе анализа каждой поднесущей принимает решение о наличии или отсутствии сигнала DRM+ на этой поднесущей, затем система обнаружения на основе суммы решений всех поднесущих определяет наличие сигнала ПП. В данном случае сигнал поднесущей для удобства обозначим  $S(t)$ . Исходя из наиболее общего в DRM+ способа модуляции поднесущей (16-QAM), и равной вероятности передаваемых символов можно сделать вывод о возможной передаче сигнала с тремя значениями амплитуды ( $A_1, A_2, A_3$ ), фаза сигнала м.б. определена как случайная величина равномерно распределённая от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ , как это видно из рис.3. Для удобства введем обозначение:  $S_1(t) = A_1 \cdot S(t)$ ,  $S_2(t) = A_2 \cdot S(t)$ ,  $S_3(t) = A_3 \cdot S(t)$ .

Причем вероятность передачи сигнала  $P(S_1) = 1/4$ ,  $P(S_2) = 1/2$ ,  $P(S_3) = 1/4$ .

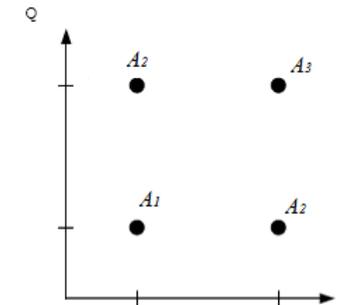


Рис. 3. Возможные амплитуды сигнала 16-QAM

Для решения о наличии сигнала ПП требуется вычисление спектральной плотности энергии обнаруженного сигнала:

$$E = |r(t)|^2 \quad (2)$$

$r(t) = h \cdot S_i(t) + n(t)$  – сигнал, обнаруженный анализатором спектра, где  $i=1, 2, 3$ .

$r(t) = n(t)$  – сигнал ПП отсутствует, в канале только шум.

$$E = |r(t)|^2 = |E_n|^2 \quad (3)$$

$r(t) = S_i(t) + n(t)$  – сигнал ПП присутствует.

$$E = |r(t)|^2 = |E_n(t)|^2 + |S_i(t)|^2 \quad i = 1, 2, 3 \quad (4)$$

Тогда вероятность ошибки при обнаружении сигнала на поднесущей [3]:

$$P_{ош} = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{E}{E_n}\right) \quad (5)$$

Где  $E$  – энергия сигнала на поднесущей,  $E_n$  – энергия шума в полосе одной поднесущей.

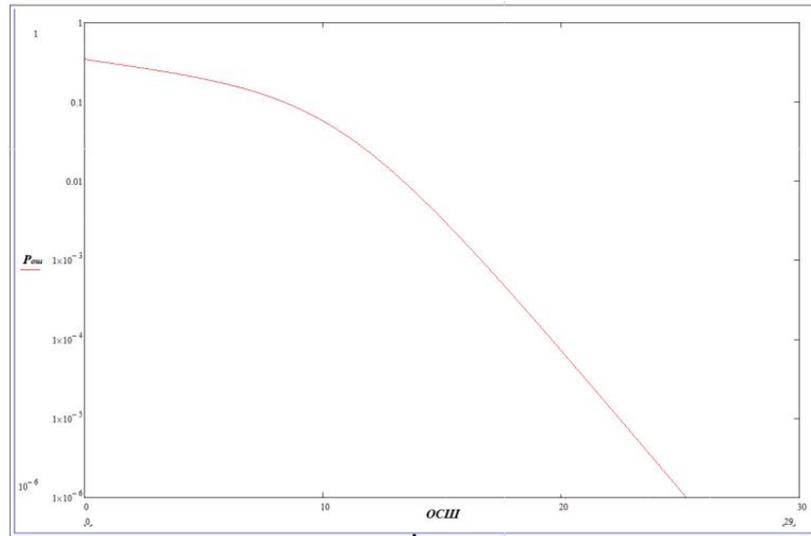


Рис. 4. Зависимость вероятности ошибки, от отношения сигнал-шум.

В зависимости от требования к вероятности правильного обнаружения или из допустимой вероятности ошибки устанавливается порог обнаружения ( $Q_i$ ).

$$Q_i: \begin{cases} h = 0, & \text{если } E < Q_i \\ h = 1, & \text{если } E > Q_i \end{cases} \quad (6)$$

Тогда система обнаружения оценивает информацию, поступающую в виде набора единиц и нулей, со всех «перекрытых» поднесущих:

$$Q = \sum_{i=1}^N h_i \quad (7)$$

Тогда суммарная вероятность правильного обнаружения определяется формулой Бернулли:

$$P_{по} = C_N^M \cdot P_{по}^M \cdot P_{ош}^{N-M} \quad (8)$$

Где  $N$  – количество «перекрытых» поднесущих,  $M$  – количество поступивших единиц, т.е. обнаруженных поднесущих,  $C_N^M = \frac{N!}{M!(N-M)!}$ ,  $P_{по} = 1 - P_{ош}$

Рассмотрим наименее вероятный исход событий, значения суммарной вероятности правильного обнаружения при обнаружении 213 поднесущих, при различных ОСШ.

$P_{по}$	ОСШ=5 дБ	ОСШ=10 дБ	ОСШ=15 дБ	ОСШ=20 дБ
$M=213$	0,029	0,487	0,943	0,995

В таком случае со всех 213 поднесущих поступают единицы, а за пределами обнаруженных поднесущих – нули. Графически это можно изобразить так:



Рис. 5. Обнаруженные поднесущие сигнала ПП.

На рисунке схематично изображена информация, поступающая в систему обнаружения, где сплошной линией изображены обнаруженные поднесущие, т.е. единицы, а штриховой не обнаруженные, но имеющиеся поднесущие, т.е. нули.

Вследствие неравномерности обнаружения, а также в случае необнаружения крайних поднесущих: во-первых, порог обнаружения устанавливается для меньшего количества обнаруженных поднесущих; во-вторых, решение о занятости канала выносится для диапазона ширины полосы канала DRM+ с введением защитных интервалов на расстоянии, зависящем от обнаруженного количества поднесущих. Например: в систему обнаружения поступает информация, об обнаружении сигнала на 200 поднесущих, при этом ширина обнаруженного канала – ширина сигнала в 207 поднесущих, т.е. 6 крайних поднесущих не обнаружены. Следовательно, точное расположение сигнала с точностью до 6 поднесущих неизвестно. Для этого решение о занятости канала выдается для ширины полосы в  $207+2 \cdot 6=219$  поднесущих.

Из описанного примера видно, что ширина, так называемых, защитных интервалов ( $l$ ), для системы обнаружения сигнала DRM+:  $l_{1,2}=213-N$ , где  $N$  – количество обнаруженных поднесущих

2. Во втором случае детектор как и в первом случае измеряет спектральную плотность энергии, но не принимает решения о наличии сигнала, затем система обнаружения на основе суммарной спектральной плотности энергии всех поднесущих определяет наличие сигнала ПП.

$$E = \sum_{i=1}^N |r_i(f)|^2 = \sum_{i=1}^N E_i + E_n \quad (9)$$

где  $E_n$  – энергия шума в полосе одной поднесущей,  $E_i$  – энергия сигнала на  $i$ -ой поднесущей. Главной задачей является нахождения максимума суммарной спектральной плотности энергии, когда анализатором «перекрыты» все 213 поднесущих сигнала ПП. Графически это выглядит так: (рис. 6).

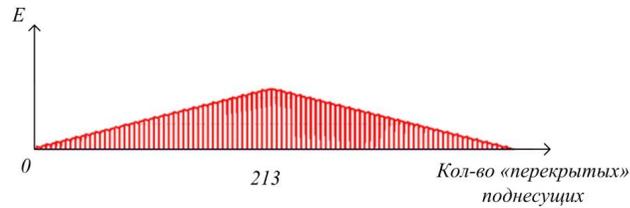
Как и в первом случае на основании суммарной спектральной плотности энергии устанавливается порог обнаружения ( $Q$ ).

$$Q: \begin{cases} h = 0, & \text{если } E < Q \\ h = 1, & \text{если } E > Q \end{cases} \quad (10)$$

Где  $E$  – максимум суммарной спектральной плотности энергии, в области обнаружения.

$Q$  также зависит от требования допустимой вероятности ошибки:

$$P_{ош} \approx \exp\left(-\frac{M \cdot E}{N \cdot E_n}\right) \quad (11)$$



**Рис. 6.** Зависимость спектральной плотности энергии от количества, обнаруженных поднесущих.

Как и в первом случае на основании суммарной спектральной плотности энергии устанавливается порог обнаружения ( $Q$ ).

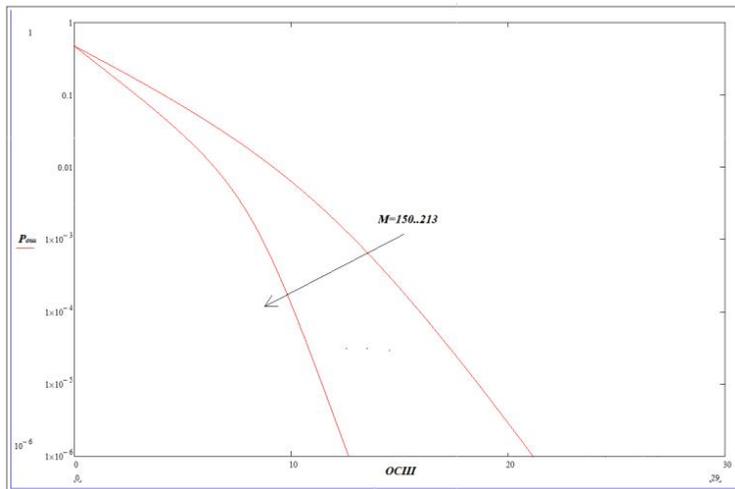
$$Q: \begin{cases} h = 0, & \text{если } E < Q \\ h = 1, & \text{если } E > Q \end{cases} \quad (10)$$

Где  $E$  – максимум суммарной спектральной плотности энергии, в области обнаружения.

$Q$  также зависит от требования допустимой вероятности ошибки:

$$P_{\text{ош}} \approx \exp\left(-\frac{M \cdot E}{N \cdot E_n}\right) \quad (11)$$

Где  $E$  – энергия (9),  $E_n$  – энергия АБГШ в полосе одной поднесущей,  $N$  – количество «перекрытых» поднесущих,  $M$  – количество обнаруженных поднесущих с сигналом.



**Рис. 7.** Зависимость вероятности ошибки, от отношения сигнал-шум, при увеличении количества обнаруженных поднесущих.

В данном случае точно определить длину защитных интервалов затруднительно, но очевидно, что решение о ширине занятого канала будет зависеть от ОСШ. Следовательно, понизить вероятность ошибки можно, путем увеличения длительности анализа. Если длительность одного символа OFDM сигнала DRM+ = 2,5 мс, то минимальная длительность работы системы обнаружения в синхронизме также равна 2,5 мс ( $L$ ). Пропорционально величине длительности одного символа увеличивая время работы анализатора спектра, уменьшаем вероятность ошибки.

#### Заключение

В этой статье мы предлагаем использование технологии когнитивного радио в диапазоне ОВЧ ЧМ радиовещания. Для реализации динамического доступа к спектру предложен способ мониторинга спектра и обнаружения сигнала ПП, проанализирован алгоритм работы этого метода.

#### Библиографический список

1. Haykin S. Cognitive Radio: Brain-Empowered Wireless Communications. – IEEE Journal On Selected Areas In Communications, Vol. 23, No. 2, P.P. 201-220, 2005.
2. <http://www.drm.org>
3. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь. 2000. – 800 с.

© Елисеев С. Н., Струфелев Е. Д., 2015

УДК 621.396 (075)

**С. Н. Елисеев\****\*Елисеев Сергей Николаевич, д.т.н., профессор**Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара*

elisееv-sn@psuti.ru

### БЕСПРОВОДНОЕ ВЕЩАНИЕ МУЛЬТИМЕДИА КОНТЕНТА С МАСШТАБИРУЕМЫМ КОДИРОВАНИЕМ И МОДУЛЯЦИЕЙ МНОГОКРАТНОГО РАЗРЕШЕНИЯ

*Ключевые слова:* Каналы вещания, помехоустойчивость, замиряния, иерархическая модуляция.

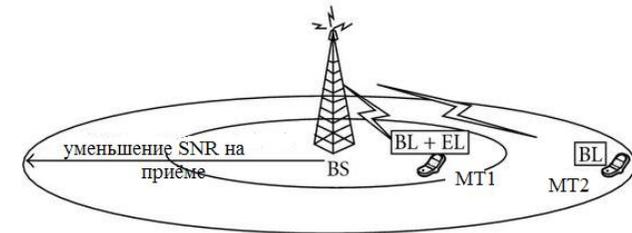
В статье рассматриваются вопросы организации вещания по радиоканалам сообщения мультимедиа, позволяющие улучшить характеристики помехоустойчивости за счёт согласованного использования иерархической модуляции и разнесённого приёма. Сообщения кодируются с масштабированием для доставки пользователям части потока данных, которые передаются с разной степенью защиты для улучшения общих характеристик системы вещания. Численные оценки получены для случая разделения на два потока и модуляции QPSK.

Быстрое развитие беспроводных радиотехнологий сопровождается отчётливой конвергенцией прежде отдельных видов телекоммуникаций: в телерадиовещании предлагаются услуги дополнительных видов информационного обслуживания, сотовые операторы помимо голосового трафика развивают потоковые услуги, видео и аудио по запросу, мобильное телевидение. Процессам сближения способствует общая технологическая платформа передачи и обработки сигналов (многопозиционная модуляция, OFDM, способы эффективного кодирования с исправлением ошибок) в цифровом телевидении DVB-T2, радиовещании DRM, беспроводном доступе WiMAX, сотовой связи стандартов LTE и LTE-A. Среди множества методов повышения помехоустойчивости целесообразно выделить те из них, которые учитывают специфику каналов в режиме вещания и применимые всеми вышеприведёнными системами.

Наиболее общим видом транслируемых сообщений являются мультимедийные сообщения, включающие в себя изображения, видео, различной природы текстовые и аудиосообщения, в том числе на разных языках.

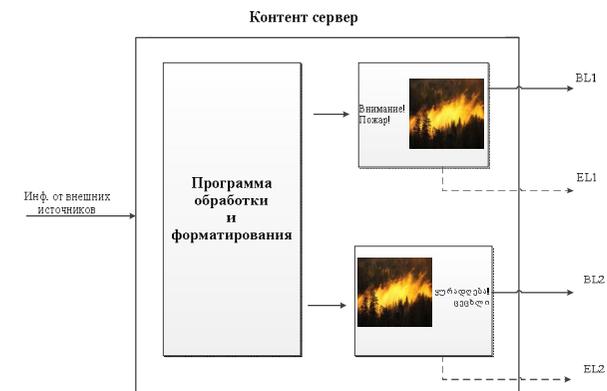
По своему предназначению канал вещания (broadcasting) должен транслировать сообщения от одного или, в более общем случае нескольких, взаимосвязанных источников для неопределённо большому числу приёмников, возможно мобильных терминалов (MT), находящихся в пределах территории обслуживания (зоны покрытия вещанием). В соответствии с современными взглядами на построение системы вещания, базирующихся на теоретико-информационном подходе [1], она должна реализовываться через масштабируемое кодирование источника сообщений совместное и согласованное с модуляцией многократно-

го разрешения сигнала-переносчика [2]. Основную идею такого подхода иллюстрирует рис.1



**Рис.1.** Общая схема вещания

На выходе источника с масштабируемым кодированием создаются два потока: базовый поток с «грубым» разрешением и большей помехозащищённостью BL, данные которого MT способны принимать в пределах всей зоны покрытия и поток с «улучшенным» разрешением и меньшей помехозащищённостью EL, детально представляющий сообщение, данные которого совместно с данными потока BL принимаются только в пределах части зоны покрытия с «хорошими» условиями приёма. Потенциал заложенный в таком подходе к организации вещания м.б. использован для решения широкого круга задач. Рассмотрим его применение в ситуациях многоязычного вещания в районах с многонациональным населением. Такой вариант мультимедиа вещания предполагает передачу некоторого общего базового контента, например изображения, как это показано на Рис.2

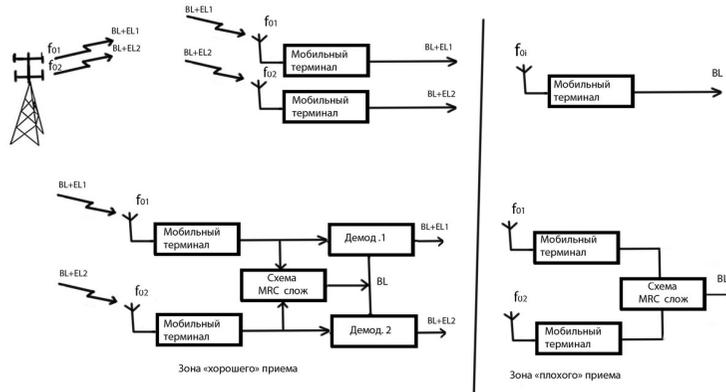


**Рис.2.** Схема иерархической модуляции

В отличие от схемы Рис.1, в которой предполагается обеспечить помехозащищённость BL за счёт перераспределения мощности в схеме иерархиче-

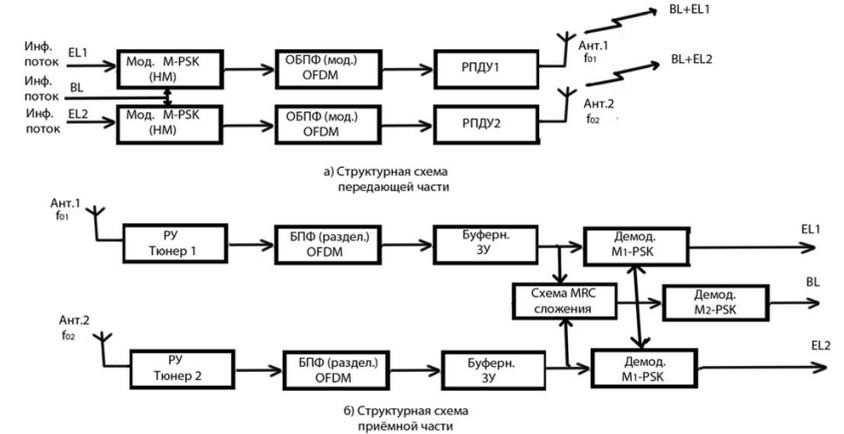
ской модуляции, в данном случае дополнительное увеличение помехозащищённости обеспечивается применением разнесения на приёме т.к. данные BL совпадают для обоих вариантов сообщений. Общая схема вещания иллюстрируется Рис.3. Приём на МТ работающие в обычном режиме одиночного приёма показан на Рис.3 а). МТ выполняющие разнесённый приём показаны на Рис.3 б).

Рассмотрим характеристики помехоустойчивости для нескольких моделей каналов, в зависимости от условий распространения, определяемых степенью близости МТ к базовой станции (БС):

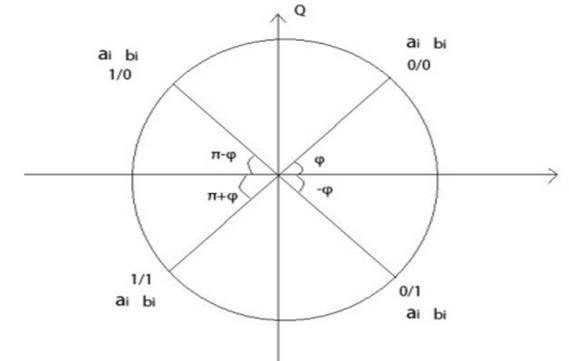


**Рис.3.** а) канал прямой видимости при отсутствии препятствий вблизи трассы это модель канала с постоянными параметрами и аддитивным белым Гауссовским шумом (АБГШ); б) канал для удалённого МТ, находящийся за пределами прямой видимости это модель канала с Рэлеевскими замираниями и АБГШ

Для каждой модели может канала может быть определены зоны хороших условий и зоны плохих условий в зависимости от величины отношения сигнал/шум (SNR). Возможно использование любого вида разнесения (частотного пространственного или временного). Комбинирование сигналов отдельных ветвей приёма выполняется по методу максимальных отношений SNR (MRC) и для сложения достаточно иметь только «достаточные статистики» [3]. Обобщённые структурные схемы передающей и приёмной частей системы даны на Рис.4 а) и б). Алгоритм работы передающей части системы: по двум радиоканалам передают параллельно два потока сообщений в виде равновероятных случайных битовых потоков. Каждый поток для передачи по радиоканалу модулирует OFDM



**Рис.4**



**Рис.5**

поднесущие по закону модуляции с многократным разрешением: иерархической двойной фазовой модуляции (QPSK-HM) т.е. : каждые два соседних бита поступают на квадратурный модулятор, и в зависимости от значений этих бит ( дибита ) фаза несущей принимает одно из 4-ех значений:  $\{\theta, -\theta, \pi - \theta, \pi + \theta\}$ , где  $\theta < 45^\circ$ ,  $\pi = 180^\circ$ . Модулирующие пары бит ((дибиты  $a_i b_i$ ) в обоих потоках формируются следующим образом: старшие биты  $a_i$ , которые определяют в какой полуплоскости будет фаза несущей, они одинаковы в обоих потоках ( базовый поток ), а младшие биты в  $b_i$  для каждого потока свои (см рис.5). Как видно из рисунка отображение дибитов в символы QPSK-HM для минимизации битовых ошибок

производится по Грею [4] На приеме в процессе демодуляции вычисляют компоненты I, Q принятого вектора и затем определяет к какому из 4-ех возможных вариантов значений фазы этот вектор  $\mathbf{Y}(n)$  ближе по метрике евклидова расстояния. Значение I проекции будет определять старший бит  $a_1$ . Значение Q проекции будет определять младший бит  $b_1$ . Т.к.  $a$ : в обоих потоках одинакова I проекции обоих сигналов перед решения суммируют по правилу MRC комбинирования. Демодуляция сигнала QPSK-HM может осуществляться при отображении бита в символ согласно правилу кодирования по Грею, описанному выше в два этапа демодулируя QPSK символ как два ортогональных BPSK символа. Для реализации демодулятора, необходимо получить оценку параметров канала, в системах OFDM для этого используют пилот-тоны. Пилот-тоны представляют собой распределенные по частотно-временной плоскости поднесущие с известными величинами амплитуды и фазы. Так в канале с постоянными параметрами на первом этапе, учитывая возможность разнесенного приема, линейно суммируя синфазные квадратурные компоненты принятого вектора, получаем правило демодуляции старшего бита а :

$$x_1 + x_2 > 0 \rightarrow "0"$$

$$x_1 + x_2 < 0 \rightarrow "1" \quad \text{где } x_1 \text{ и } x_2 - \text{соответственно синфазные компоненты}$$

ты 1-ого и 2-ого каналов. Младшие биты определяются по правилу:

$$y_{1,2} > 0 \rightarrow "0"$$

$y_{1,2} < 0 \rightarrow "1"$  где  $y_{1,2}$  - квадратурные компоненты, соответственно 1-ого 2-ого каналов. Следовательно характеристики помехоустойчивости могут рассматриваться для независимы двоичных BPSK синфазной и квадратурной компонент. Синфазная компонента переносит биты потока BL, а квадратурная компонента- биты потоков EL<sub>i</sub>.

При этом  $E_b$  энергия, одного бит информационного потока, для HM:

$$E_b^{EL} = h \sin \theta,$$

$$E_b^{BL} = h \cos \theta,$$

где  $h$ - коэффициент передачи канала,

$\theta$ - угол, определяющий HM.

В модели а) коэффициент передачи канала величина фиксированная, источник помех –АБГШ с дисперсией, определяющей мощность шума

$\sigma^2 = N_0/2$ , где  $N_0$ - спектральная плотность мощности шума. Тогда вероятность ошибки битов потока EL<sub>i</sub> определяется по формулам для когерентного приема BPSK:

$$P_{BPSK}^{EL} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right)$$

где  $\operatorname{erfc}(\cdot)$ - функция ошибок.

Для вероятности ошибки битов потока BL необходимо учесть, что энергия сигналов суммируется когерентно, а шумов некогерентно, в результате получаем:

$$P_{BPSK}^{BL} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \right),$$

С увеличением ветвей разнесения вероятность ошибки уменьшается с увеличением SNR пропорционально  $\sqrt{N}$ , где  $N$  –число ветвей разнесения, как это следует и графиков Рис.6 построенных для значений  $\theta=30^\circ, 38^\circ 45'$ . Рис.6 а) для EL<sub>1,2</sub> и одиночного приёма BL, аРис.6 б) для разнесенного приёма EL и BL.

В модели канала б) полагая мощность передаваемого сигнала равной 1, тогда мощность принимаемого сигнала  $P = |h_{n1}|^2$ , где  $h_{n1}$ - коэффициент передачи канала. Рэлеевские замирания могут быть выражены через мгновенную величину SNR:  $\gamma_n = \frac{|h_{n1}|^2}{\sigma^2}$ ,

По известной формуле вероятности ошибки системы BPSK при АБГШ:  $P_e = \operatorname{erfc}(\sqrt{2\gamma})$ , усредняя эту величину по закону замирания получим значение вероятности ошибки в канале Рэлеевскими замираниями:

$$P_e = \int_0^\infty \frac{1}{s} e^{-\gamma_n/s} * \operatorname{erfc}(\sqrt{2\gamma}) d\gamma = \frac{1}{2} (1 - \mu),$$

где  $\mu = \sqrt{\frac{s}{1+s}}$ , а  $S = M[\gamma_n] = \frac{P_e}{\sigma^2}$  – усреднённая величина

SNR.

Рассматривая общий случай комбинирования N отдельных ветвей требуется определить N-мерный вектор весовых коэффициентов  $W_n$ . Мгновенное значение выходного значения мгновенной величины SNR:

$$\gamma = \frac{|W^T h|^2}{M\{|W^T h|^2\}}$$

Полагая  $W_n = h_n$  получается  $\gamma = \sum_{n=1}^N \frac{1}{s} \gamma_n$

Выходное значение SNR равно сумме SNR отдельных ветвей. Тогда усреднённое значение

$$M[\gamma] = N * S$$

Плотность вероятности выходной величины  $\gamma$  статистической природе является суммой N независимых случайны величин  $\gamma_n$ , имеющих, как мы уже определили экспоненциальное распределение и, следовательно имеет вид:

$$f_s(\gamma) = \frac{1}{(N-1)!} \frac{\gamma^{N-1}}{s^N} e^{-\gamma/s}$$

Для N=2

$$f_s(\gamma) = \frac{\gamma}{s^2} e^{-\gamma/s}.$$

Теперь можно определить среднюю величину вероятности ошибки сигналов BPSK системы с разнесением и MRC сложением для радиоканала с Рэлеевскими замираниями:

$$\bar{P}_{eMRC} = \int_0^\infty \bar{P}_e(\gamma) f_\gamma(\gamma) d\gamma = \int_0^\infty \operatorname{erfc}(\sqrt{2\gamma}) \frac{1}{(N-1)!} \frac{\gamma^{N-2}}{s^N} e^{-\gamma/s} = \frac{1}{(N-1)!} \left(\frac{1-\mu}{2}\right)^N \left[ \sum_{n=0}^{N-1} \frac{(N-1+n)!}{n!} \left(\frac{1+\mu}{2}\right)^n \right]$$

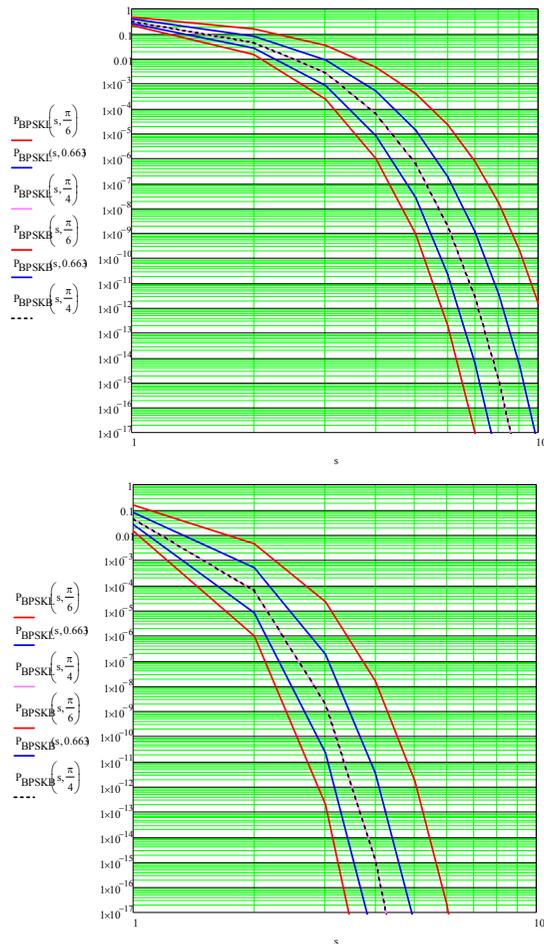


Рис. 6.

В случае использования иерархической QPSK модуляции с параметром  $\theta$  в последней формуле для  $\bar{P}_e$  должно быть использовано для базового информационного потока BL:  $\mu_C = \sqrt{\frac{s \cos \theta}{1+s \cos \theta}}$ , для EL потоков:

$$\mu_S = \sqrt{\frac{s \sin \theta}{1+s \sin \theta}}. \text{ Для случая } N=2 \text{ итоговые расчетные формулы имеют вид}$$

$$\bar{P}_{eEL} = \frac{1}{2} (1 - \mu_S) \bar{P}_{eBL} = \left(\frac{1-\mu_C}{2}\right)^2 (2 + \mu_C)$$

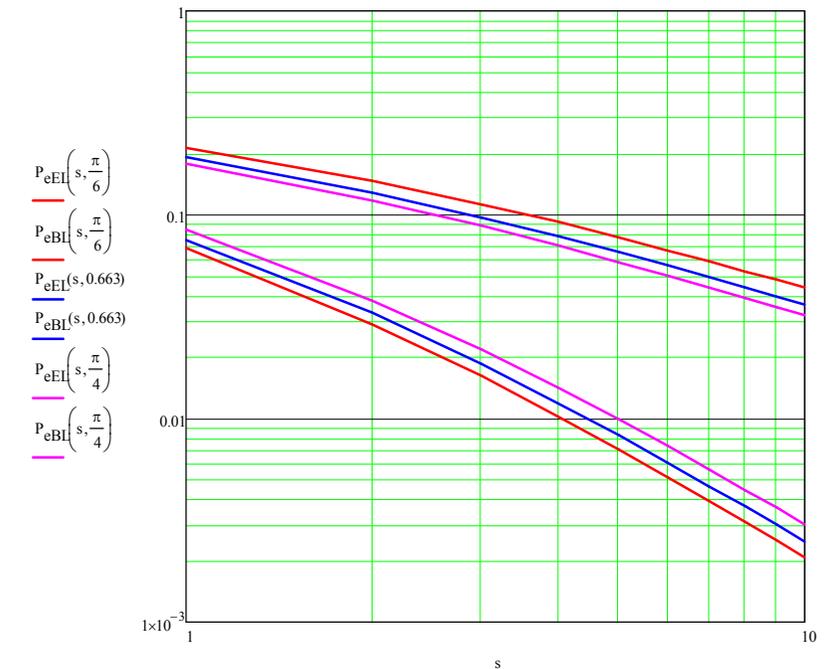


Рис. 7.

Результаты расчётов приведены на графиках рис.7 для значений  $\theta=30, 38, 45^\circ$ .

Эти результаты подтверждают высокую помехоустойчивость предлагаемой схемы.

*Библиографический список*

1. T. Cover Comments on broadcasting channels. IEEE Trans. on Information Theory vol.44, №6, 1998 p.2524-2530
2. M. B. Pursley, J. M. Chea Adaptive nonuniform PSK modulation for multimedia traffic in Wireless networks. IEEE Journal on SAC vol.18 №8, 2000 p.1394-1407
3. D. Chase, "Code combining - A maximum-likelihood decoding approach for combining an arbitrary number of noisy packets," IEEE Trans. Commun., vol. COM-33, pp. 385-393, May 1985.
4. Прокис Дж. Цифровая связь.-М.: Радио и связь. 2000-800с.

© Елисеев С. Н., 2015

УДК 004.492.4

**Г. П. Жуков\***

*\*Жуков Георгий Петрович, к.т.н., доцент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*

*jgr@mail.ru*

**А. А. Гудков\***

*\*Гудков Антон Андреевич, студент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*

*jgr@mail.ru*

### ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ ОТ РУТКИТОВ

*Ключевые слова: защита информации, компьютер, руткит, программное обеспечение, операционная система Windows, Интернет, глобальные сети.*

*Статья посвящена рассмотрению защиты информации от руткитов; рассмотрена утилита TDSSKiller и порядок её использования.*

Процесс информатизации человеческого общества активно распространился практически во все сферы его деятельности. Новые информационные технологии, основанные на всеобщей компьютеризации, широко используются в управлении различными процессами деятельности человека. Развитие средств автоматизации обработки информации значительно повысило зависимость общества от степени безопасности информационных технологий [1,2].

В соответствии с существующим ГОСТ Р 50922-96 защита информации - это деятельность по предотвращению утечки защищаемой информации, несанкционированных и непреднамеренных воздействий на защищаемую информацию [3].

Законом Российской Федерации от 26 июля 2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» в статье 16 «Защита информации» определено, что защита информации представляет собой принятие правовых, организационных и технических мер, направленных на: обеспечение защиты информации от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также от иных неправомерных действий в отношении такой информации; соблюдение конфиденциальности информации ограниченного доступа и реализацию права на доступ к информации [4].

Развитие Интернет создало возможность использованию глобальных сетей передачи данных в повседневной жизни практически каждого человека. Сегодня интернет-злоумышленники не ограничиваются распространением вредоносных программ. Их уже не прельщает «всего лишь» заражение сотен тысяч компьютеров и даже пандемия нового вируса. Они стремятся получить контроль над множеством персональных компьютеров и использовать их для своих темных дел. Из миллионов зараженных систем они создают огромные сети, управляемые через Интернет. Используя гигантскую вычислительную производительность «зомби-сетей», можно, например, производить массовые рассылки спама и организовывать хакерские атаки невиданной ранее мощности. В

качестве вспомогательного инструмента для таких целей очень часто используют новый, особо опасный тип вредоносных программ – руткиты [5]. Руткиты не только прячутся сами, но и скрывают другое вредоносное программное обеспечение, проникшее в систему. Цель маскировки – незаметно для антивирусов и других защитных программ захватить чужой компьютер. У таких руткитов, как Hacker Defender, в запасе весьма изощренные трюки. Этот замаскированный «вредитель» в обход брандмауэра открывает тайные лазейки в Интернет, которые позволяют хакерам управлять зараженным компьютером. Через созданный руткитами «черный ход» можно получать конфиденциальные данные (например, пароли) или внедрять в систему другие вредоносные программы. Руткит пробирается в компьютер, чтобы использовать его в криминальных целях. Он может быть прикреплен к электронному письму, например в виде счета в формате PDF. Если вы щелкнете по мнимому счету, вредитель-невидимка активируется.

Затем руткит забирается глубоко в операционную систему Windows и изменяет один из файлов библиотек – \*.dll. Последовательность команд, которая управляет правильной работой программ, попадает под контроль вредителя.

«Захват власти» руткитом остается незамеченным, и он спокойно загружает из Интернета другой вредоносный «софт». Новые вредители маскируются с помощью руткита. Теперь компьютер может быть использован для различных мошеннических действий, например для рассылки спама. Чтобы обмануть антивирусные программы, руткиты манипулируют процессами, с помощью которых компьютерные приложения обмениваются данными. Из этих потоков они удаляют сведения о себе и других вредителях. Антивирус получает ложную информацию и считает, что все спокойно. Некоторые руткиты (так называемые «руткиты режима пользователя») перехватывают потоки данных между программами (например, между Windows и антивирусом) и манипулируют ими по своему усмотрению.

Другие руткиты (их называют «руткитами режима ядра») «сидят» глубже, между отдельными компонентами Windows или даже в системном реестре, и оттуда посылают антивирусу ложные данные. Распространяются руткиты в основном следующим образом.

- Руткиты приходят в почтовых вложениях, маскируясь под документы разных форматов (например, PDF). На самом деле, такой «мнимый документ» является исполняемым файлом. Тот, кто попытается его открыть, активирует руткит.

- Еще один путь распространения – подвергшиеся хакерской манипуляции сайты. Ничего не ведающий пользователь просто открывает веб-страницу – и руткит попадает в его компьютер. Это становится возможным из-за «дыр» в системе безопасности браузеров.

Как же избавиться от руткитов? Существуют различные программы которые обнаруживают и удаляют руткиты. Например, установить программу Gmer, она уверенно обнаруживает руткиты и скрытых «вредителей» других типов, а также способна удалить большинство из них. Оставшиеся руткиты можно «доконать» с помощью утилиты AVG Anti-Rootkit. После удаления

«вредителей» следует проверить систему обычным антивирусом, например из пакета программ Kaspersky Internet Security.

Известная, «Лаборатория Касперского» – одна из наиболее динамично развивающихся компаний в сфере информационной безопасности. Компания была основана в 1997 году, и сегодня это международная группа осуществляет свою деятельность более чем в 200 странах и территориях мира. Ее продукты и технологии защищают более 400 миллионов пользователей во всем мире. Защитные продукты «Лаборатории Касперского» ориентированы не только на решение существующих проблем, но и на предотвращение новых, еще не известных угроз. Компания разрабатывает инновационные решения и технологии, которые отвечают всем основным требованиям, предъявляемым коммерческими компаниями и государственными организациями к информационной безопасности, включая высочайший уровень защиты, адаптируемость к меняющимся условиям, совместимость с различными платформами, высокую производительность и отказоустойчивость, простоту использования и экономическую эффективность. Разрабатывая собственные технологии «с нуля», «Лаборатория Касперского» использует все свои передовые достижения в области обнаружения киберугроз и защиты от них.

Для борьбы с руткитами специалистами Лаборатории Касперского разработана утилита TDSSKiller [6].

TDSSKiller – бесплатный программный продукт, предназначенный оперативно и эффективно обнаруживать и удалять руткиты. Руткиты – это программы, предназначенные для сокрытия процессов, ключей реестра, файлов от антивируса и операционной системы. Программа TDSSKiller проверяет только области, где заражение наиболее вероятно – драйвера, службы, загрузочные сектора, чем и можно объяснить высокую скорость ее работы. С программой TDSSKiller возможно работать в обычном и безопасном режиме. Утилита также поддерживает операционные системы любой разрядности. Программа TDSSKiller не требует установки и является совершенно бесплатной. Важно отметить, что данная утилита ни в коем случае не заменяет собой полноценный антивирус, а предназначена для работы "в связке" с ним. Крайне рекомендует периодически проверять свой компьютер на наличие руткитов дабы избежать серьезного заражения системы. Ключевые особенности и функции программы:

- не требует установки и может быть запущена с переносного носителя;
- обладает крайне простым и приятным интерфейсом;
- позволяет выбрать область сканирования;
- обнаруживает любые типы руткитов за короткое время;
- распространяется совершенно бесплатно;
- используется "в связке" с полноценным антивирусом;
- формирует подробный отчет о проделанной работе.

Ниже представлена последовательность действий пользователя при проверке компьютера на наличие руткитов с помощью утилиты TDSSKiller.

1. Скачайте файл [TDSSKiller.exe](#) (см. рис1 информация для скачивания файла)

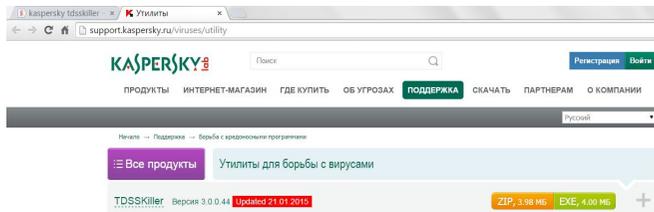


Рис.1. Информация для скачивания файл [TDSSKiller.exe](#)

2. Запустите файл TDSSKiller.exe. Диалоговое окно утилиты имеет графический интерфейс представленный на рис.2. Диалоговое окно выполнения проверки представлено на рис.3.

3. Дождавшись окончания сканирования и лечения можно просмотреть результат и отчет рис.4 и рис.5. Перезагрузка компьютера после лечения требуется.

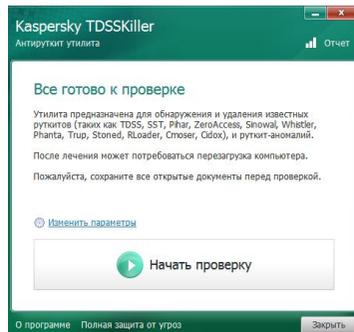


Рис.2. Диалоговое окно

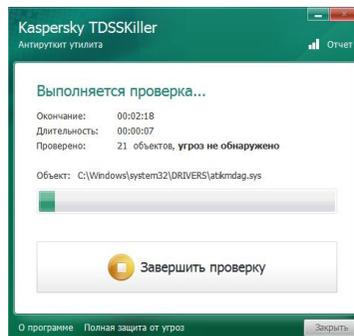


Рис.3. Диалоговое окно

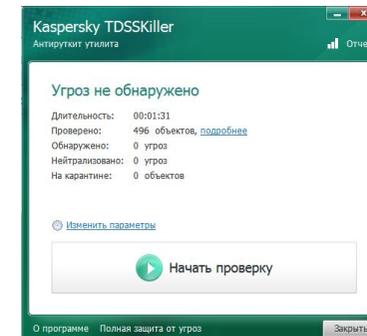


Рис.4. Диалоговое окно

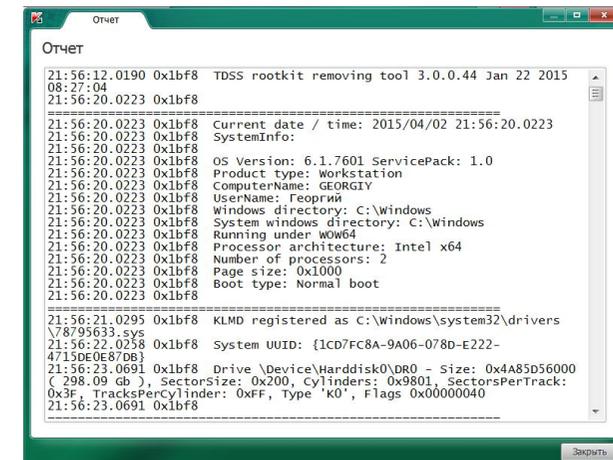


Рис.5. Окно отчета

Утилиту можно запускать в тихом режиме. Чтобы просмотреть весь список параметров для запуска в тихом режиме, используйте команду `tdsskiller -h`.

Таким образом, утилита TDSSKiller позволяет обнаруживать и удалять такие известные руткиты как TDSS, SST, Pihar, ZeroAccess, Sinowal, Whistler, Phanta, Trup, Stoned, RLoader, Cmoser, Cidox и др.).

Пользователям персональных компьютеров следует строго соблюдать компьютерную «гигиену». Чтобы быть уверенным в безопасности компьютера, необходимо проверять при включении все переносные накопители. Руткиты могут легко проникнуть в операционную систему через съемные диски, флешки. "Антивирус Касперского" подвергает мониторингу абсолютно все съемные информационные носители при подключении их к устройству. Для этого нуж-

но просто настроить проверку накопителей и обязательно следить за обновлением антивируса.

#### *Библиографический список*

1. Шаньгин, В. Ф. Комплексная защита информации в корпоративных системах: учеб. пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2010. – 592 с
2. Основы информационной безопасности. Учебное пособие для вузов / Е. Б. Белов, В. П. Лось, Р. В. Мещеряков, Л. Л. Шелупанов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 544 с
3. ГОСТ Р 50922-96 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.e-nigma.ru/stat/gost4>
4. Федеральный закон Российской Федерации от 26 июля 2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.e-nigma.ru/stat/gost4>
5. Что такое руткиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.windxp.com.ru/rottdel.htm>
6. Утилита TDSSKiller для борьбы с руткитами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://support.kaspersky.ru/viruses/disinfection/5350>

© Жуков Г. П., Гудков А. А., 2015

УДК 667.1.(072)

**Н. Жураев\***

*\*Жураев Нурмухаммад, к.т.н., декан*

*Ташкентский университет информационных технологий, г. Фергана, Республика Узбекистан*  
abbos\_ok@mail.ru

**О. Х. Кулдаилов\***

*\*Кулдаилов Оббожжон Хокимович, к.т.н., доцент*

*Ташкентский университет информационных технологий, г. Фергана, Республика Узбекистан*  
abbos\_ok@mail.ru

**Д. М. Умирзакова\***

*\*Умирзакова Дилноза Махамаджановна, магистрант*

*Ташкентский университет информационных технологий, г. Фергана, Республика Узбекистан*  
abbos\_ok@mail.ru

#### **ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРИЗОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ, АНАЛИЗА ФОНОКАРДИОГРАММ**

*Ключевые слова: Фонокардиография, современные компьютерные технологии, блок-схема алгоритма работы прибора, среде программирования Borland Delphi 7.*

*В работе приводится описание системы для регистрации и исследования фонокардиограммы, разработанной на основе персонального компьютера.*

Фонокардиография – метод неинвазивного исследования и диагностики деятельности сердца, основанный на регистрации и анализе звуков, возникающих при сокращении и расслаблении сердечной мышцы. Применяется для определения нарушений работы сердца, в том числе пороков клапанов. Фонокардиограммы получают с применением приборов фонокардиографов.

Фонокардиограф представляет из себя прибор, состоящий из микрофонного звукоснимателя, усилителя, системы частотных фильтров и регистрирующего устройства. Микрофон устанавливают на грудной стенке в общепринятых точках. Звуковые колебания, преобразованные микрофоном в электрические, усиливаются и передаются в систему частотных фильтров, которые выделяют из всех звуков ту или иную группу частот и пропускают их на различные каналы регистрации. Это позволяет избирательно записывать низкие, средние и высокие частоты звуков.

Для получения более точного результата фонокардиографию рекомендуют проводить в звукоизолированном от внешнего шума помещении. Обычно исследуемого располагают в горизонтальном положении. Важное значение имеет плотная фиксация микрофона в точке на поверхности грудной клетки, но не сильная, т.к. в этом случае снижается амплитуда звуковых колебаний и трудно улавливаются высокие частоты. При слабой фиксации достаточно проблематично уловить низкие частоты ритмов сердца.

Применение современных компьютерных технологий позволяет качественно улучшить процесс снятия фонокардиографии, исключая человеческий фактор. Например, благодаря специально разработанному ПО есть возможность применить к выборке сигнала различные полосовые фильтры, рассчитать спектр сигнала, вывести кривую звуковой волны в виде графика, сохранить результаты в электронном виде для последующего исследования и т.д. Примером такой конфигурации прибора может быть компьютерный фонокардиограф "СФЕРА" (рис.1)



Рис. 1. - Фонокардиограф компьютерный "СФЕРА"

Схема работы прибора является стандартной. Звуковая волна сердечного ритма поступает на вход звуковой карты, выполняющего роль аналого-цифрового преобразователя. Затем по стандартным каналам передачи данных информация передается программе, которая в зависимости от настроек выполняет те или иные преобразования. На рис.2 представлена общая блок-схема алгоритма работы прибора.

В качестве аппаратного обеспечения (помимо ПК) выступает датчик звукового сигнала. В качестве АЦП можно использовать как звуковую карту, так и отдельно разработанное внешнее устройство. В целях уменьшения затрат на разработку аппаратного обеспечения целесообразно использовать звуковую карту компьютера. Ритм сердца характеризуется колебаниями низкой частоты (до 300 Hz).

В качестве первичного преобразователя может использоваться пьезодатчик звуковых колебаний с набором фильтров, микрофон с резонатором. Также можно применить в качестве первичного преобразователя электронный фонендоскоп ФСЭ-1М (рис.3), принципиальная схема которого приведена на рис.4.

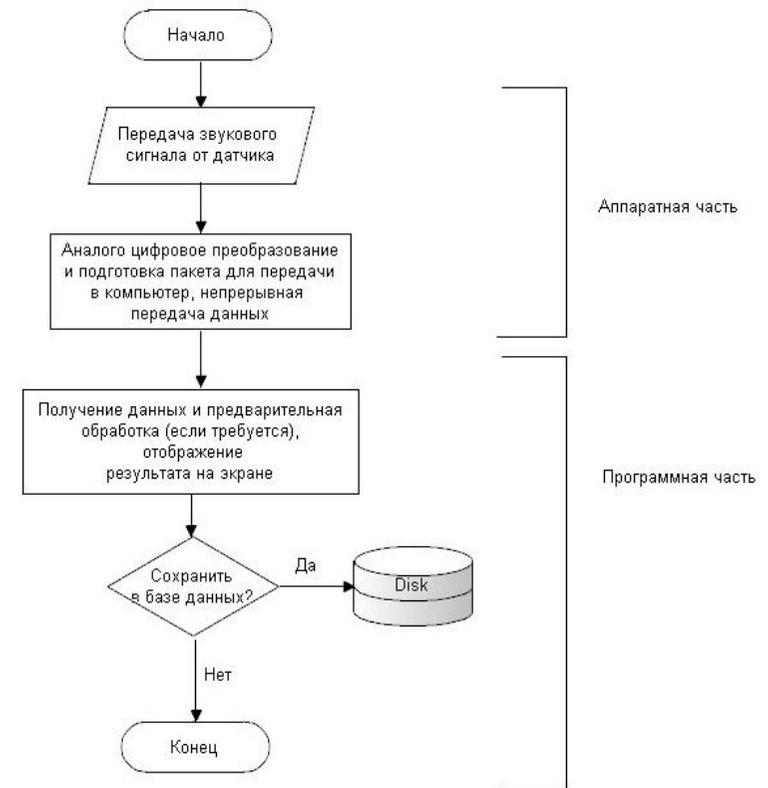


Рис.2. – Общая блок-схема работы электронногофонокардиографа

На рис. 5. представлена расширенная блок-схема алгоритма работы ПО.

Алгоритм работы программы следующий. После запуска ПО пользователь при необходимости должен настроить входные параметры, задав желаемые значения. Если пропустить этот шаг, то будут применены значения по умолчанию. Далее по команде пользователя должен начаться процесс звукозаписи. Снятый звуковой фрагмент по желанию пользователя может быть отфильтрован полосовым фильтром, преобразован для исследования спектрального состава, сохранен в базе данных с другими реквизитами исследуемого больного. Если же требуется просмотреть архив, то по требованию пользователя должна быть предусмотрена возможность извлечения данных из базы, а не от датчика.



Рис.3. – Подключенный электронный фонендоскоп ФСЭ-1М

Отметим, что параметры полосового фильтра выбираются по шкале Мааса-Вебера, согласно которой условные диапазоны регистрации звуков сердца поделены на классы [1]:

- 1) низкочастотный:
  - низкочастотная полоса, до 70 Hz;
  - среднечастотная первая полоса, 40 – 180 Hz.
- 2) с характеристикой слуха:
- 3) аускультативная полоса, 100 – 400 Hz.
- 4) высокочастотный:
- 5) среднечастотная вторая полоса, 140 – 400 Hz;
- 6) высокочастотная первая полоса, 250 – 650 Hz;
- 7) высокочастотная вторая полоса, 400 – 1000 Hz.

Разработка ПО осуществлялась в среде программирования BorlandDelphi 7 [2] с применением компонентов библиотеки AudioLab 4.5 компании MitovSoftware [2] (рис.6). Данный набор компонентов может использоваться бесплатно в некоммерческих целях, предназначен для работы со звуком и имеет широкие возможности. В частности в системе для регистрации и исследования фонокардиограммы при помощи библиотеки AudioLab 4.5 были реализованы функции захвата звуковой волны со входа звуковой карты, фильтрации и построения спектра. Согласно схеме на рисунке 9.5 ВПО предусмотрено хранение краткой информации и результатов звукозаписи фонокардиограммы ис-

следуемых людей в базе данных. В качестве системы управления базами данных используется Microsoft Access 2003.

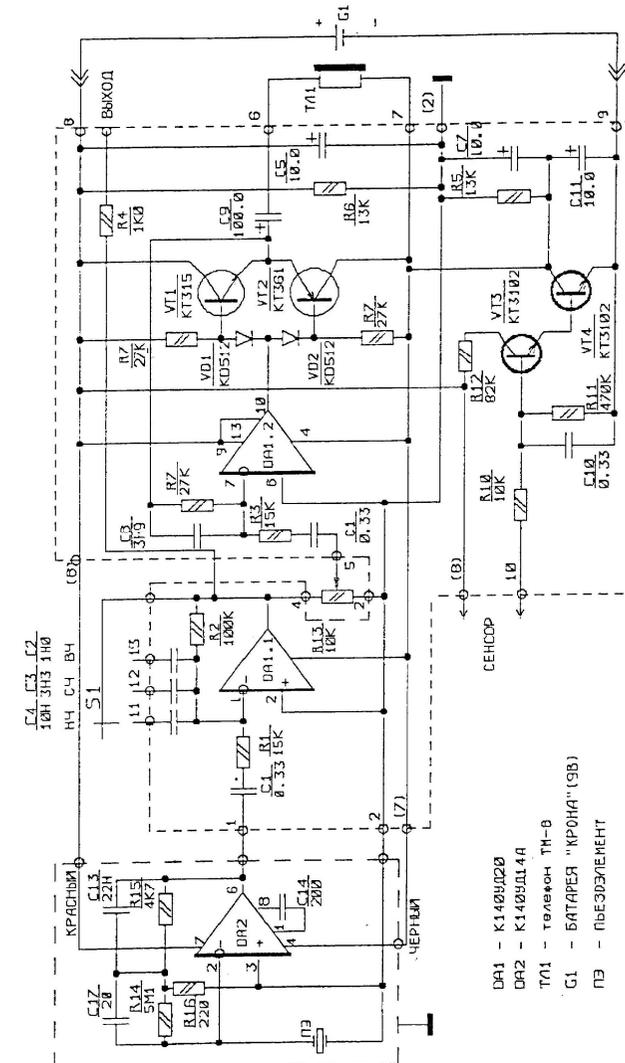


Рис.4. – Принципиальная схема электронного фонендоскопа ФСЭ-1М

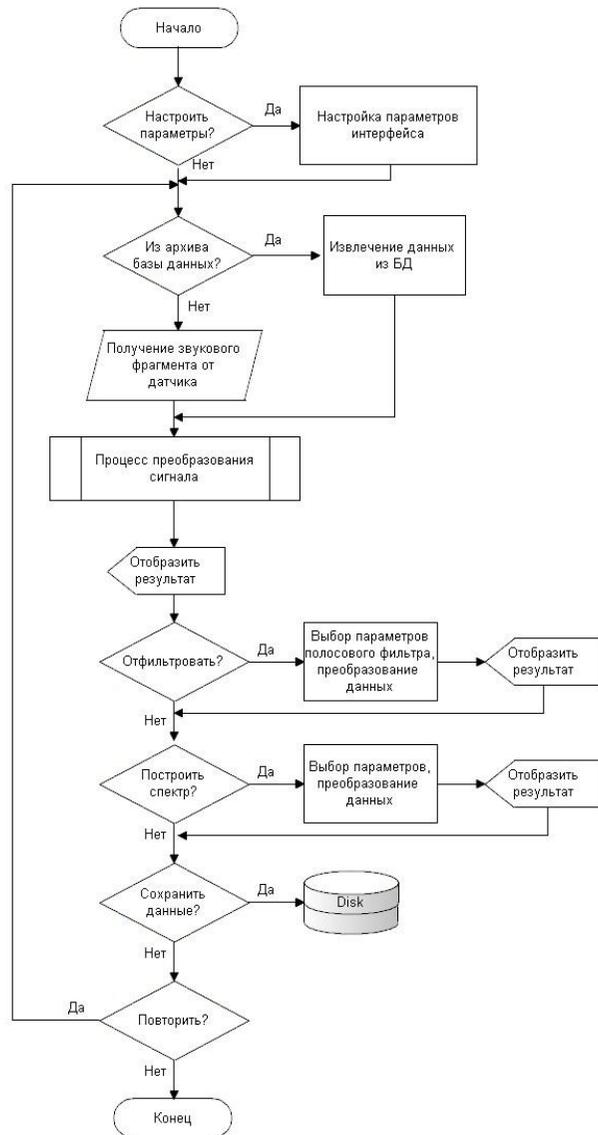


Рис.5. – Блок-схема алгоритма работы ПО

Для разработки функциональных элементов интерфейса использовались стандартные компоненты среды BorlandDelphi 7. В качестве графических областей для вывода формы волны использовались компоненты библиотеки AudioLab 4.5.

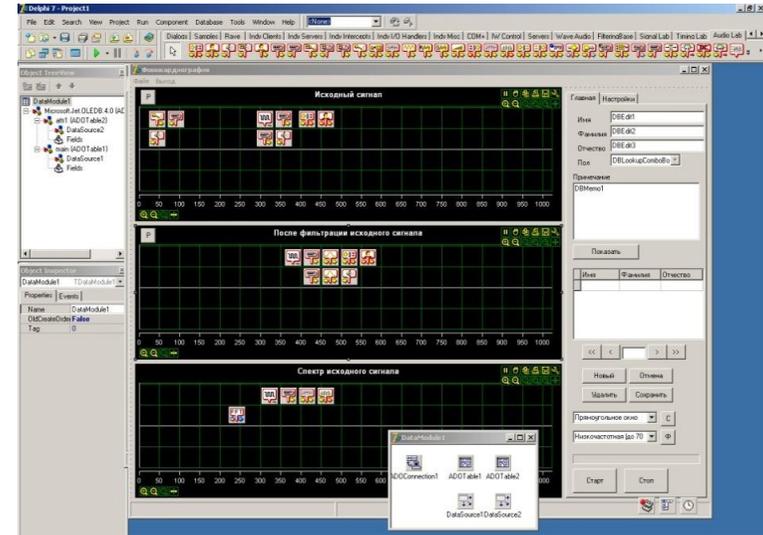


Рис.6. – Процесс разработки ПОв среде BorlandDelphi 7 с использованием библиотеки AudioLab4.5

Интерфейс программы, представленный на рис.7, состоит из области построения графиков и панели со вкладками для ввода информации, выбора необходимых параметров и настроек.

Вкладок всего две. На вкладке «Настройка» можно выбрать параметры обработки звуковой картой, длительность звукового фрагмента. На вкладке «Главная» имеются поля для ввода основной атрибутивной информации (имя, фамилия, отчество, пол, примечание) о том, чью фонокардиограмму снимают, таблица с уже имеющимися реквизитами из базы данных, кнопки для управления данными в базе (удаление, исправление, создание, просмотр записей), ниспадающее меню для выбора режима работы спектрального анализатора и полосового фильтра.

Программа построена по процедурному принципу. Так как в данной системе не требуется непрерывны сбор данных, то в программе исполняется основной поток. Все основные манипуляции с данными осуществляются при помощи компонентов библиотеки AudioLab 4.5.

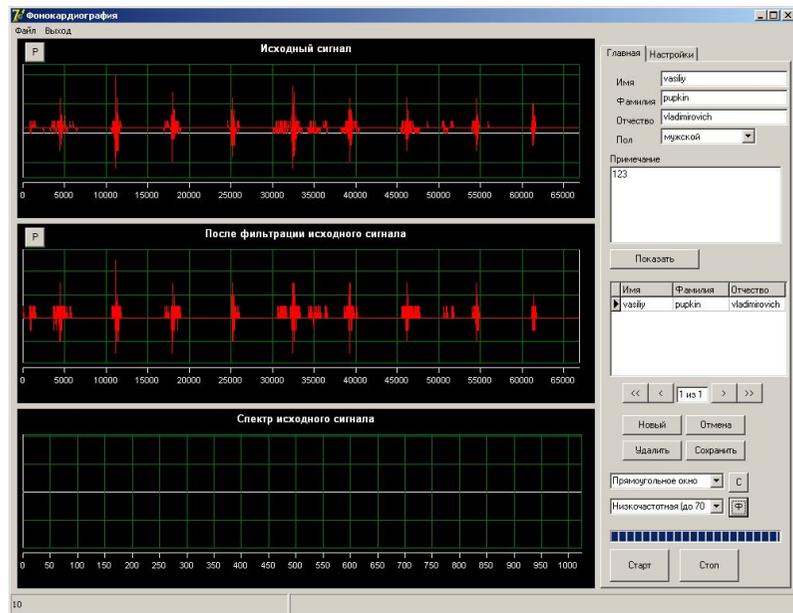


Рис. 7. – Общий вид главного окна

#### Библиографический список

1. Аристов А.А. Технические методы диагностических исследований. Практикум. Томск, ТПУ, 2009. -148 с.
2. Бобровский С.И. Delphi 7. Учебный курс. СПб. Питер, 2003.-231 с.

© Жураев Н., Кулдашов О. Х., Умирзакова Д. М., 2015

УДК 621.373

**Ю. В. Зачиняев\***

\*Зачиняев Юрий Владимирович, к.т.н., ассистент

Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
yuzach@sfedu.ru

**К. Е. Румянцев\***

\*Румянцев Константин Евгеньевич, д.т.н., профессор

Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
rumyantsev@sfedu.ru

**А. А. Белова\***

\*Белова Алина Александровна, студент

Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
aabelova@ictis.sfedu.ru

### МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ СВЕРШИРОКОПОЛОСНЫХ ЛЧМ-СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ЗАДЕРЖКИ

*Ключевые слова: ЛЧМ-сигналы, сверхширокополосные сигналы, оптическое волокно, фазовая самомодуляция.*

*Рассмотрены вопросы, связанные с анализом возможности формирования сверхширокополосных ЛЧМ-сигналов на основе явлений нелинейной оптики в оптических волокнах. Проведен обзор возможных сфер использования ЛЧМ-сигналов. Обоснована необходимость поиска новых подходов к формированию сверхширокополосных ЛЧМ-сигналов. Предложен метод формирования ЛЧМ-сигналов на основе фазовой модуляции, приведены результаты моделирования.*

Сигналы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) преимущественно нашли применение в радиолокации, однако в последние годы рассматривается возможность их использования в медицине (ультразвуковые исследования) [1], системах определения местоположения в реальном времени [2], системах RFID [3].

Основными характеристиками ЛЧМ-сигналов являются их длительность и девиация частоты. Длительность сигнала определяет мертвую зону радиолокатора и позволяет регулировать энергетические параметры устройства. В то же время разрешающая способность по дальности радиолокационного устройства напрямую зависит от девиации частоты сигнала.

Таким образом, для повышения точности работы систем, основанных на использовании ЛЧМ-сигналов, целесообразным является увеличение девиации частоты сигнала. Как правило, этого добиваются путем применения СВЧ-генераторов (отражательных клистронов, ламп бегущей волны), поскольку конструктивные и технологические особенности цифровых формирователей ЛЧМ-сигналов, а также устройств на основе дисперсионных линий задержки не позволяют получить сигналы с девиацией частоты более чем 1-2 ГГц [4].

Одним из направлений развития техники формирования и обработки сверхширокополосных радиосигналов является применение оптической элементной

базы. В [5] рассмотрены особенности построения динамических запоминающих устройств на основе волоконно-оптических линий задержки (ВОЛЗ). В патентной литературе рассмотрены вопросы синтеза фильтров с использованием ВОЛЗ [6].

В [7] изложен метод формирования ЛЧМ-сигналов на основе бинарных волоконно-оптических структур, позволяющих существенно сократить длительность формируемых сигналов (от 2 нс) при обеспечении значения девиации частоты порядка 5-6 ГГц. Дальнейшее повышение девиации частоты затруднено по причине ограниченной точности изготовления ВОЛЗ, входящих в состав формирователя.

Следовательно, исследование подходов к дальнейшему повышению девиации частоты ЛЧМ-сигналов является весьма актуальной задачей. Целью доклада является рассмотрение принципиального нового подхода к формированию сложных ЧМ-сигналов на основе ВОЛЗ.

Фазовая самомодуляция как явление нелинейной оптики, под воздействием которого при определенных условиях в оптическом волокне происходит расширение спектра оптических импульсов и их преобразование в ЛЧМ-сигналы, рассмотрена в [8]. Подбирая параметры ключевого элемента – ВОЛЗ – можно регулировать выходные параметры ЛЧМ-сигнала: длительность и девиацию частоты.

Структурная схема устройства, реализующего данный подход, приведена на рис. 1.

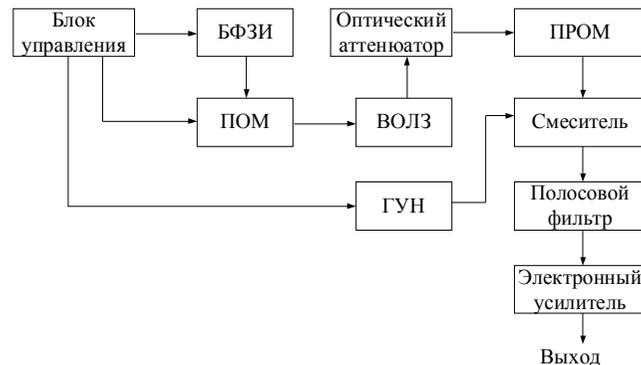


Рис.1. Структурная схема формирователя ЛЧМ-сигналов

Передающий оптический модуль ПОМ генерирует оптический импульс определенной пиковой мощности и длительности. Форма импульса и его длительность определяется устройством формирования задающих импульсов УФЗИ, модулирующим оптическое излучение ПОМ. Для обеспечения линейного закона изменения частоты импульс ПОМ должен иметь гауссовскую форму [8]. Устройство управления УУ осуществляет регулировку моментов срабатывания УФЗИ, длительность импульса и пиковой мощности ПОМ. В волокон-

но-оптической линии задержки ВОЛЗ заданной длины входной импульс подвергается воздействию явления фазовой самомодуляции, в результате которого огоibaющая оптического сигнала на выходе ВОЛЗ имеет форму линейно-частотно-модулированного сигнала

Для преобразования из оптического излучения в электрический сигнал с выхода ВОЛЗ через оптический аттенуатор, уменьшающий мощность сигнала для работы последующих узлов, подается на приемный оптический модуль ПРОМ. Для преобразования частоты сформированный ЛЧМ-сигнал с выхода ПРОМ подается на смеситель. Результирующая центральная частота определяется частотой ГУН, который, в свою очередь, управляется УУ. Для фильтрации побочных компонентов преобразования частоты сигнал с выхода смесителя поступает на полосовой фильтр и усиливается в электронном усилителе.

Результаты моделирования работы формирователя в MATLAB в виде сравнения амплитудного спектра и автокорреляционной функции результирующего и канонического ЛЧМ-сигнала для длительности формируемого сигнала  $T_{ЛЧМ} = 10$  нс, центральной частоты  $f_0 = 18$  ГГц и девиации частоты сигнала  $\Delta F = 10,7$  ГГц приведены на рис. 2.

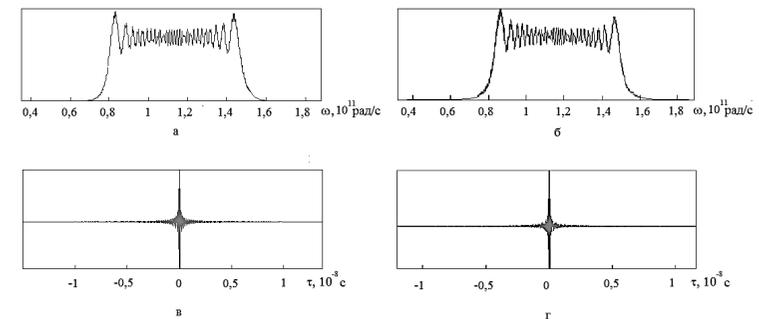


Рис. 2. Спектр канонического ЛЧМ-сигнала (а), спектр полученного сигнала (б), автокорреляционная функция канонического ЛЧМ-сигнала (в), автокорреляционная функция полученного ЛЧМ-сигнала (г)

Сигнал, характеристики которого приведены на рис. 2, а и рис.2, б получен при следующих параметрах формирователя: длина ВОЛЗ 10 км, пиковая мощность оптического импульса 350 Вт, погонное затухание 0,2 дБ. Как видно из рис.2 формирователь на основе волоконно-оптической линии задержки позволяет формировать сигнал со спектром и автокорреляционной функцией, стремящимися к аналогичным для канонического ЛЧМ-сигнала. Результаты расчетов и моделирования показывают, что метод позволяет добиться увеличения девиации частоты до значений порядка 30 ГГц.

Можно заключить, что предложенное решение позволяет добиться существенного увеличения девиации частоты ЛЧМ-сигнала, а также расширения диапазона рабочих частот, что дает возможность улучшить параметры существ-

вующих радиотехнических систем и расширить применение ЛЧМ-сигналов в других отраслях.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ высшим учебным заведениям в части проведения научно-исследовательских работ. Тема № 213.01-11/2014-9.

#### *Библиографический список*

1. F. Gran, J. Jensen. Designing non-linear frequency modulated signals for medical ultrasound imaging // 2006 IEEE Ultrasonics Symposium. Vol. 2. - P. 1714-1717
2. Чижишева А. С. О возможности применения модуляторов повышенной чувствительности в бесконтактных электронных идентификаторах на основе технологии RFID // Сборник статей III международной заочной научно-технической конференции «информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013), Тольятти, апрель 2013 г. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2013. - С. 379-387
3. Y. J. Nam and Y.-G. Park. Efficient Indoor Localization and Navigation with a Combination of Ultrasonic and CSS-based IEEE 802.15.4a / In Proceedings of the 4th International Conference on Ubiquitous Information Technologies Applications, P. 1–6, Dec. 2009.
4. Зачиняев Ю. В. Анализ и классификация формирователей линейно-частотно-модулированных радиосигналов с точки зрения уменьшения длительности формируемых сигналов // Современные проблемы науки и образования. 2012. - № 5. - URL: <http://www.science-education.ru/105-7173> (дата обращения: 08.04.2015).
5. Румянцев К. Е., Горбунов А. В. Динамические запоминающие устройства на основе бинарных волоконно-оптических структур // Радиотехника. 2002. - №12. - С.73-80.
6. Пат. 2173866 Российская Федерация, МПК G02B6/14. Фильтр на основе волоконно-оптических дифракционных решеток с большими периодами/ Д. Дзоо-Найунг, К. Сун-Воок, К. Се-Йоон; заявитель и патентообладатель Самсунг Электроникс Ко., Лтд.; заявл. 16.11.1999; опубл. 20.09.2001
7. Зачиняев Ю. В., Румянцев К. Е., Кукуяшный А. В. Формирование наносекундных ЛЧМ-радиосигналов на волоконно-оптических структурах // Электротехнические и информационные системы и комплексы. 2011. - Т.7, №3. - С. 32-38.
8. Агравал Г.П. Нелинейная волоконная оптика. Пер. с англ. С.В. Черникова и др. Под ред. П.В. Мамышева. - М.: Мир, 1996. - 323 с.

© Зачиняев Ю. В., Румянцев К. Е., Белова А. А., 2015

УДК 004.827, 855

**Н. Н. Зверева\***

*\*Зверева Нина Николаевна, к.т.н., доцент*

*Уфимский государственный авиационный технический университет  
nzvereva@bk.ru*

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

*Ключевые слова: системы электронного обучения, моделирование, семиотика, онтология, тезаурус, представление знаний.*

*В статье рассматривается подход к моделированию образовательного контента в системах электронного обучения, основанный на применении семиотических моделей знаний. Предложен метод реализации элементов образовательного контента на основе онтологий.*

Современный уровень развития образования, введение федеральных государственных образовательных стандартов предполагает повышение интерактивности и индивидуализации обучения, которые достигаются путем применения в учебном процессе электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Приоритетами развития электронного образования, определенными в Концепции развития образования РФ до 2020 г., являются:

- внедрение электронного обучения и сетевой формы реализации образовательных программ;
- интеграция российского образования в международное образовательное пространство с целью продвижения на формирующемся глобальном рынке электронного обучения;
- поиск и создание прорывных разработок в области электронного обучения и их распространение в российских образовательных организациях.

Несмотря на большое количество исследований в области разработки систем электронного обучения, в которых декларированы значительные функциональные возможности, основная масса внедряемых в российских вузах СЭО обладает рядом типичных недостатков:

- практическим отсутствием научно обоснованных технологий моделирования предметной области дисциплины. В большинстве случаев учебные материалы представлены гипертекстом, разбитым на фрагменты, соответствующие бумажным вариантам учебников;
- полным или частичным отсутствием адаптации к модели обучаемого;
- ограниченным использованием различных форм тестовых заданий;
- полным или частичным отсутствием семантической связи между учебным материалом и тестовыми заданиями: контролируется изучение в целом тем, модулей или курса. Контроль на уровне освоения отдельных понятий, их характеристик практически не ведется, что сказывается на оперативности принимаемых СЭО решений;

– ограниченными возможностями алгоритмов тестирования, которые чаще всего используют дихотомическую шкалу для оценивания ответов на задания тестов, что не позволяет учесть частично верные ответы;

– отсутствием или несовершенством возможностей для изменения стратегии обучения.

Эти недостатки можно объяснить тем, что процесс обучения является сложным для формализации, его цели и критерии образуют сложные иерархии. Сложность информационных процессов в обучении приводит к высокому уровню субъективности на всех уровнях принятия решений.

Вместе с тем, обучение – это управляемый процесс, который характеризуется наличием следующих элементов:

– объекта управления – обучаемого, текущее состояние которого определено в модели обучаемого;

– целей обучения – модели знаний, умений и навыков деятельности обучаемого, которые в совокупности формируют необходимые компетенции;

– наличием инструментов для контроля текущего состояния обучаемого;

– наличием набора управляющих учебных воздействий, которые позволяют управлять процессом обучения, переводя обучаемого в состояние, соответствующее целям обучения.

Перспективным направлением развития систем электронного обучения (СЭО) являются адаптивные модели управления процессом обучения, при этом выделяют следующие виды адаптации:

- адаптация содержания предоставляемой обучаемому информации;
- адаптация учебных/контролирующих воздействий на обучаемого;
- адаптация форм предъявления информации.

Отличительной чертой любых моделей адаптивного управления является выработка управляющего учебного воздействия на обучаемого в зависимости от результатов контроля текущих результатов обучения: чем более точен результат, тем точнее управляющее воздействие. Поэтому актуальной задачей при разработке адаптивных моделей управления является получение как можно более точных результатов контроля учебных достижений, который в СЭО организуется преимущественно в форме тестирования [6]. Поскольку тестирование является процессом измерения искомым характеристик знаний обучаемого, то его результаты напрямую зависят от того эталона, с которым происходит сравнение. Таким эталоном в СЭО является модель дисциплины [2,3], которая является формализованным представлением структуры знаний предметной области дисциплины, ее взаимосвязи с другими дисциплинами, методик ее преподавания и изучения, а также совокупности учебно-методических материалов. Разработка формализованного представления описания дисциплины в СЭО является сложным и длительным процессом, в котором в качестве входных данных используются требования образовательных стандартов к подготовке специалистов данной области, предметные знания по дисциплине, знания преподавателя.

Построение модели дисциплины в СЭО значительно упрощается тем, что ее содержание имеет четкую структуру с выделенными темами, разделами,

подразделами и т.п., где определены основные термины, законы, правила, требования к результатам изучения. Это позволяет формализовать её структурную организацию, используя даже простую в реализации реляционную модель. Для того, чтобы СЭО могла выполнять не только функции предъявления обучаемым определенной информации, но и реализовывала сложные алгоритмы управления обучением, модель учебного контента должна соответствовать следующим требованиям:

– возможность отражения различных типов связей между его элементами;

– возможность формирования индивидуальных траекторий обучения и сборки индивидуального блока из стандартных элементов контента;

– возможность отражения целостной структуры знаний по дисциплине при обучении и контроле знаний;

– возможность учета междисциплинарных связей.

Модель изучаемой дисциплины предназначена для наиболее общего описания ее структуры в СЭО и включает в себя следующие элементы:

– системы, объекты и процессы предметной области, их базовые классификации, онтологии;

– основные понятия, терминосистему, языки предметной области;

– смежные дисциплины и области знаний;

– источники информации, измеряемые и вычисляемые свойства объектов и процессов;

– решаемые проблемы, задачи, цели и критерии, методы, алгоритмы, технологии;

– принципы, постулаты, законы;

– базы и правила анализа-синтеза.

Структура объектов модели дисциплины приведена на рис. 1. В нее входит систематизированное в форме тезауруса описание систем, объектов и процессов предметной области. В состав описателя дисциплины входит:

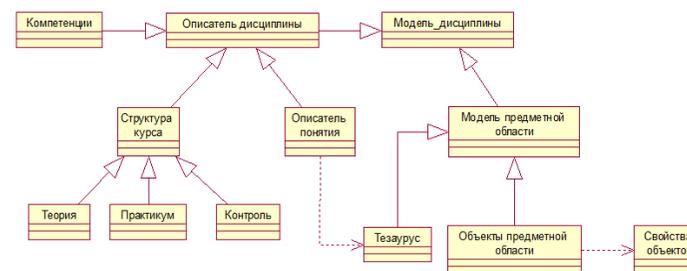


Рис. 1. Модель дисциплины

– структура курса – формализованное представление элементов учебного плана изучения дисциплины, определяющего виды учебной деятельности;

- перечень компетенций, владение которыми должно быть сформировано в результате обучения;
- описатель понятия – формализованное описание структуры понятий, связанных с определенным элементом курса.

Учебный материал – контент дисциплины (лекция, учебный модуль, лабораторное задание, пакет программ тренажера и т.д.) представляет собой знаковую структуру, организованную в соответствии с технологией обучения, и предоставляемую обучаемым подходящими порциями – дозами, доступными для понимания и применения. В настоящее время принят ряд технологических стандартов на представление учебных материалов в СЭО (AICC, SCORM, IMS), в которых определяется понятие и структура элементов учебного контента. Все стандарты ориентированы на объектный принцип построения учебной дисциплины, при котором он делится на отдельные элементы: текстовый или мультимедийный материал, глоссарий, элементы обсуждения (чат, форум), элементы практических занятий, набор контрольных вопросов и тестов и т.п.

Обобщенная модель учебного контента дисциплины представлена на рис. 2. Согласно данной модели основной единицей для построения учебного контента является учебный элемент (УЭ), который может представлять собой обозначение понятия, его объяснение, примеры применения, различные схемы, рисунки, мультимедийные объекты, связанные с представлением понятия. Совокупность отдельных УЭ образует более крупные единицы контента: ДЗУ, учебные модули, разделы, тесты, которые формируют общий состав дисциплины.

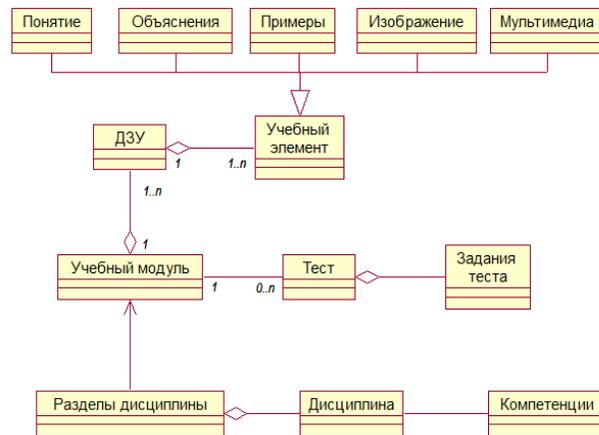


Рис. 2. Модель организации контента учебной дисциплины

Основным средством организации и структуризации знаний предметной области служат ее понятия, а также межпредметные понятия и базовые

классификации понятий – онтологии, тезаурус, глоссарий, семантическая сеть и т.д. При построении концептуальной модели дисциплины следует выделить множество ключевых понятий, формирующих предметный указатель, тезаурус.

Термин «понятие», как и термин «знак», в научных текстах приобрел два смысла [1]. В узком смысле *понятие* – это мысли субъекта о прообразе понятия, хранящиеся в его памяти, т.е. конт К (англ. *concept*). В широком смысле понятие – это его название, имя И и полный КАД-смысл. Формализация *метаконятия* (понятия о понятии) состоит в отождествлении метазнака (обозначение + значение) и понятия П=ИКАД как определенного фрагмента знаний субъекта. Понятие П есть заменитель этого фрагмента знаний посредством задания имени И, обозначающего определенный класс предметов – *дент* Д, в котором знание П истинно; определенного набора моделей, связей, свойств, признаков объектов этого класса – *конт* К, пространственно-временные адреса компонентов понятия П в различных пространствах – физическом, информационном, модельном.

С точки зрения семиотического моделирования понятие можно представить логической формулой, в которой элементы понятия представлены предикатами и соединены логическими операциями [4]:

$$P(x) \leftarrow \bigwedge_{i=1}^n A_i(x_j, x)$$

где  $x_j \in A_i$  – j-е значение признака  $A_i$ , а предикат  $A_i(x_j, x)$  является истинным, если признак сущности x принимает значение  $x_j$ .

Часто понятия имеют в текстах многозначную семантику и одному имени присваиваются в языковой среде два и более смысловых значений:  $I \rightarrow \{K_1 A_1 D_1, K_2 A_2 D_2, \dots, K_n A_n D_n\}$ . Если одно понятие означает разные денты, то его логическая формула принимает вид:

$$D(P) = \bigwedge_{i=1}^n e_i$$

где  $e_i$  – сущности, являющиеся дентами понятия P.

В представлении конта понятия включается множество всех признаков  $D_1, D_2, \dots, D_n$ , характеризующих его:

$$K(P) \leftarrow \bigwedge_{i=1}^n D_i$$

Описания конта, дента и семиотического адреса содержат определяющие понятия для определяемого понятия П, а само определение состоит из *именования* понятия, *конттирования* – формализации конта, *дентирования* – описания класса прообразов понятия, и *адресации* предметов, их имен и моделей. Однозначно формализованные понятия называются *терминами* предметной области.

Описание понятия – термина П (его дескриптор) включает следующую информацию:

- основные и дополнительные имена понятия П: словесные, символьные обозначения, машинный идентификатор и т.д.;
- кластер понятий, связанных с понятием П: синонимы, толеранты, ассоцианты, оппозиции понятию П;
- содержательное (ЕЯ) и формальное (семиотическое) определения понятия П, его прямого Д и косвенного К значений. Дент понятия имеет три возможных смысла:  $D = \{const - \text{конкретный прообраз, индивид} \mid var -$

произвольный индивид из заданного класса |  $dom$  – класс индивидов, прообразов, достаточный для прямого определения  $\Pi$ . Конт понятия  $K = K^0 + K^* = K_m + K_z$ , где  $K^0$  – внутренний конт, определяющий свойства прообраза, его структуру, внутренние связи и функции,  $K^*$  – внешний конт, определяющий связи с другими понятиями и внешние функции дента,  $K_m$  – мысленный конт,  $K_z$  – эмоциональный конт, описывающий отношения источника или приемника знаковой структуры к мыслительному конту и денту понятия  $\Pi$ ;

– семиотическая адресация компонентов понятия  $\Pi$  в парадигме и прагме языка, в проблемных ситуациях;

– примеры применения понятия  $\Pi$ , образцы текстов, в которых оно встречается, генезис и трансформация смысла понятия  $\Pi$ .

При описании в учебных материалах конкретных объектов, процессов (*const*) и их классов (*domain*) переменным (*var*) конта, дента, семиотического адреса понятия  $\Pi$  присваиваются вполне определенные значения, соответствующие фактическим данным информационных ситуаций.

Понятия используются при построении более крупных единиц учебного контента – доз знаний и умений (ДЗУ). ДЗУ можно рассматривать как SCORM-объект, который является самостоятельным элементом контента и может быть использован в различных учебных курсах. Объем информации и количество понятий в ДЗУ определяются разработчиками курса.

В результате анализа контентной сети всех понятий учебной дисциплины все ее содержание можно разделить на отдельные смысловые единицы – ДЗУ. Для каждого ДЗУ следует определить используемые в нем понятия: выходные (которые впервые вводятся в данном ДЗУ) и входные (знание которых требуется для понимания данного ДЗУ). Для каждого понятия указываются имя, конт и дент. Разработанная контентная сеть понятий может быть реализована в виде онтологии.

В настоящее время существует ряд CMS-систем (*Content management system* – системы управления контентом), основными задачами которых является подготовка, размещение и управление контентом в системах электронного обучения. Такие CMS-системы поддерживают международные стандарты в области электронного обучения (SCORM, IMS), но, как правило, в них не поддерживается возможность обеспечения семантических связей между элементами контента.

Данный недостаток можно устранить, используя подготовленные онтологические модели, в которых имеются средства для описания различных семантических отношений и правил их использования. *Первый уровень* описывает общую структуру дисциплины и технологию ее изучения. На этом уровне указываются: основные виды занятий по дисциплине, используемые методические материалы, описание учебных модулей, структура модулей. *Второй уровень* представляет собой реализацию типовых описателей различных видов элементов учебного контента. *Третий уровень* онтологической модели реализует структуру знаний предметной области дисциплины (понятия, отношения между ними, их характеристики), а также текущую структуру знаний обучаемого, которая выявляется в ходе

контрольно-измерительных процедур. Подробное описание онтологических моделей дисциплины изложено в работе [5].

Формализация понятий на базе семиотических моделей, учитывающих семантические связи его компонентов, позволяет осуществлять контроль усвоения понятий не только в дихотомической шкале («знает», «не знает»), но и определять его отдельные компоненты, которые обучаемым недостаточно усвоены. Предложенный метод структуризации учебного контента по дисциплине на базе трехуровневой онтологической модели, позволяет унифицировать его компоненты, связанные со структурой и технологией изучений, сосредоточив внимание авторов электронного курса на разработке модели предметной области дисциплины.

#### Библиографический список

1. *Найханова, Л.В.* Технология создания методов автоматического построения онтологий с применением генетического и автоматного программирования: монография. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. – 244 с.
2. *Зверев, Г.Н., Зверева, Н.Н.* Семиотическое моделирование педагогических процессов. Человек: информация, технология, знак: матер. III междунар. заочн. науч.-практ. конференции. – Ульяновск: УЛГТУ, 2011. – Т.1.– С. 130–134.
3. *Зверев, Г.Н., Зверева, Н.Н.* К проблеме объективации педагогической диагностики и тестирования. Открытое образование: науч.-практ. журнал. – 2012. – № 5 (94) – С. 83–93.
4. *Мозжилкин, В.В., Ромакина, О.М.* Информационные системы и технологии. – Саратов: СГУ, 2013. – 127 с.
5. *Мартынов, В.В., Зверева, Н.Н.* Проектирование контента электронных курсов на базе семиотических моделей и онтологий. Информатизация образования и науки: науч.-методич. журнал. 2014. №4(24). С.70-84.
6. *Дмитриев, В.Л.* Разработка системы оценки знаний с поддержкой произвольного расположения тестовых заданий. Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013): матер. III междунар. заочн. науч.-технич. конференции. – Тольятти, 2013. – с.123–127.

© Зверева Н. Н., 2015

УДК 621.396

**А. Н. Зикий\****\*Зикий Анатолий Николаевич, к.т.н., доцент**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
zikiy50@mail.ru***П. Н. Зламан\****\*Зламан Павел Николаевич, ведущий инженер-конструктор**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
otdel24@nkbmius.ru***Т. О. Гончарова\****\*Гончарова Татьяна Олеговна, студент**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
goncharova\_14@bk.ru*

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДНОГО УСИЛИТЕЛЯ ПЕРЕДАТЧИКА

*Ключевые слова: усилитель мощности, амплитудно-частотная характеристика, амплитудная характеристика, эксперимент.*

*Рассмотрена принципиальная схема усилителя мощности, используемого в качестве выходного каскада передатчика. Исследованы амплитудно-частотная и амплитудные характеристики усилителя. Показано, что при такой схеме построения усилитель целесообразно использовать в узких участках диапазона частот. При использовании в октавной полосе частот усилитель имеет большую неравномерность АЧХ.*

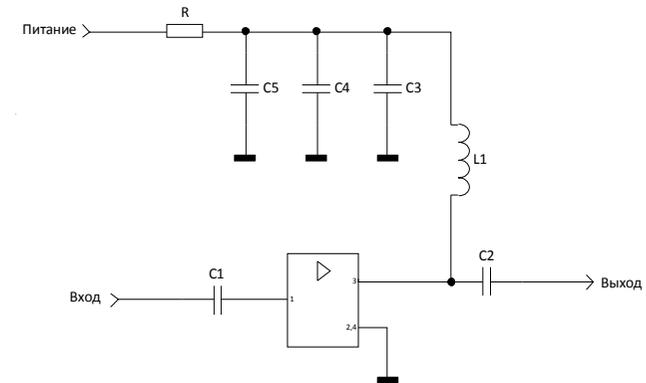
В литературе по усилителям и радиопередатчикам описано большое количество усилителей СВЧ [1-5]. Они изготовлены, в основном, по гибридной технологии. По монолитным усилителям СВЧ значительно меньше публикаций.

Целью настоящей работы является измерение амплитудно-частотных и амплитудных характеристик.

Объектом исследования является усилитель мощности, к которому предъявляются следующие требования:

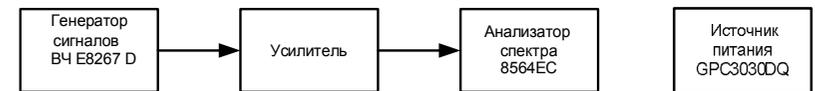
- Диапазон рабочих частот 0,4 – 2 ГГц;
- Выходная мощность 16 дБм;
- Коэффициент усиления  $\geq 10$  дБ;
- Сопротивление входа и выхода – 50 Ом.

Для реализации усилителя выбрана микросхема типа HMC482ST89 фирмы Hitrite [6]. Принципиальная схема усилителя приведена на рисунке 1.



**Рис.1.** Принципиальная схема усилителя

Для проведения экспериментов был собран измерительный стенд, структурная схема которого приведена на рисунке 2. В качестве источника сигнала использован генератор сигналов фирмы Agilent типа E8267 D. В качестве измерителя мощности и частоты выходного сигнала использован анализатор спектра фирмы Agilent типа 8564ES. Источником питания для микросхемы служил прибор GPC-3030DQ. Для соединения в СВЧ тракте использовались кабели ВЧ с вилками типа SMA [7].



**Рис.2.** Структурная схема измерительной установки

На рисунке 3 приведены амплитудные характеристики усилителя мощности, снятые в диапазоне частот 0,5-2 ГГц, на рисунке 4 – амплитудно-частотная характеристика усилителя.

Исследованный в данной работе усилитель мощности применен авторами в двух передатчиках [9] [10]. Фото усилителя мощности на плате модулятора опубликовано в статье [11]. Разработка подобных усилителей отечественными предприятиями, их широкое внедрение в отечественную и зарубежную аппаратуру связи – важнейшая задача на ближайшие годы [12].

#### **Выводы:**

1. Коэффициент передачи на участке 420-450 МГц составляет 10-11 дБ (при  $P_{вх}=0$  дБм).
2. Уровень насыщения по выходу составляет 17-18,5 дБм в диапазоне рабочих частот 0,5-2 ГГц. Максимальный ток потребления составляет 140 мА.

Полученные результаты удовлетворяют предъявленным требованиям.

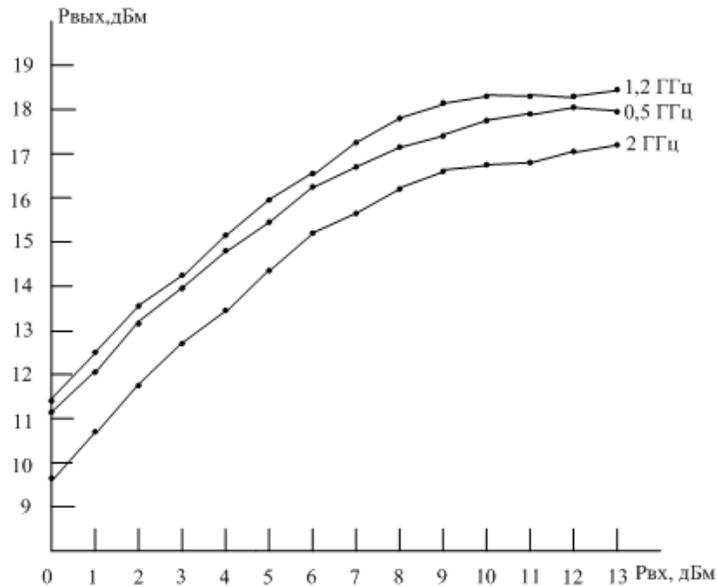


Рис.3. Амплитудные характеристики усилителя

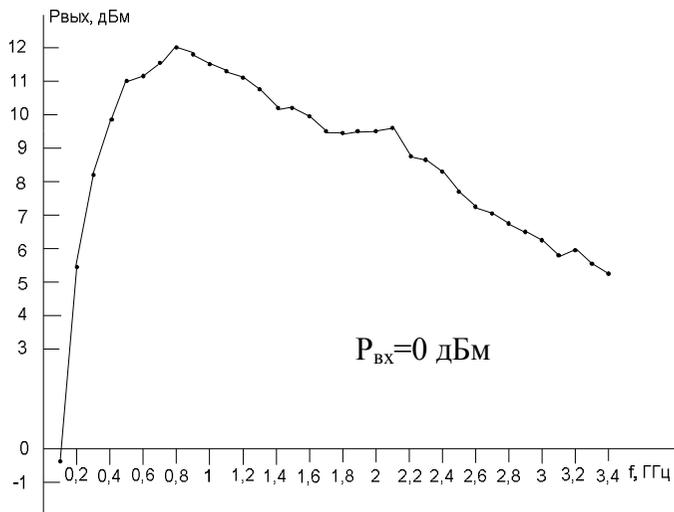


Рис.4. Амплитудно-частотная характеристика усилителя

#### Библиографический список

1. Шварц Н. З. Линейные транзисторные усилители СВЧ. – М.: Сов. Радио, 1980, -368с.
2. Белов Л. А. Устройства формирования СВЧ сигналов и их компоненты: Учебное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010, -320с.
3. Misra D. K. Radio-Frequency and Microwave communication circuits: Analysis and Design. N.Y. John Wiley & Sons, 2001.
4. Радиоизмерительная аппаратура СВЧ и КВЧ. Узловая и элементная база. Под ред. А. М. Кудрявцева. – М.: Радиотехника, 2006, -208с.
5. Шахильдяев В. В., Карякин В. Л. Проектирование устройств генерирования и формирования сигналов в системах подвижной радиосвязи. Учебное пособие. – М.: Солон-Пресс, 2011, -400с.
6. SiGe HBT GAIN BLOCK MMIC Amplifier DC-5,0 GHz HMC482ST89. Hittite Microwave Corporation
7. Джурицкий К. Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. – М.: Техносфера, 2006, -216с.
8. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Власенко Д.В. Экспериментальное исследование усилителя мощности сантиметрового диапазона. Вопросы специальной радиоэлектроники, серия Общие вопросы радиоэлектроники, 2013, №1, с. 136-139
9. Зикий А.Н., Зламан П.Н. Передатчик сигналов с ППРЧ. Материалы 9 международной научной конференции «Новости научного прогресса». София, Болгария. Том 9, 2013, с. 26-29
10. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Передатчик сигналов дециметрового диапазона с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты. Вопросы специальной радиоэлектроники, серия Общие вопросы радиоэлектроники, 2013, №2, с. 125-129
11. Додаев С.Э., Зикий А.Н., Зламан П.Н., Слащева В.О. Модулятор передатчика сложных сигналов. Электротехнические и информационные комплексы и системы, 2012, т.8, №2, с.3-5
12. Якубов Т.А., Маннапов А.Р. Новые перспективы для отечественных производителей телекоммуникационного оборудования в контексте развития радиоэлектронной отрасли России. IV международная заочная научно-техническая конференция. Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. (ITRT-2014). Сборник статей. Тольятти. Апрель 2014, с. 264-270

© Зикий А. Н., Зламан П. Н., Гончарова Т. О., 2015

УДК 621.396.6

**А. Н. Зикий\****\*Зикий Анатолий Николаевич, к.т.н., доцент**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
zikiy50@mail.ru***П. Н. Зламан\****\*Зламан Павел Николаевич, ведущий инженер-конструктор**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
otdel24@nkbmius.ru***Т. В. Доновская\****\*Доновская Татьяна Владимировна, студент**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
tanya0894@mail.ru***А. В. Ковалева\****\*Ковалева Анастасия Владимировна, студент**Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
nastushkak\_angel@mail.ru*

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХ КЕРАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ

*Ключевые слова: керамический фильтр, амплитудно-частотная характеристика, системы связи DECT и DCS1800.*

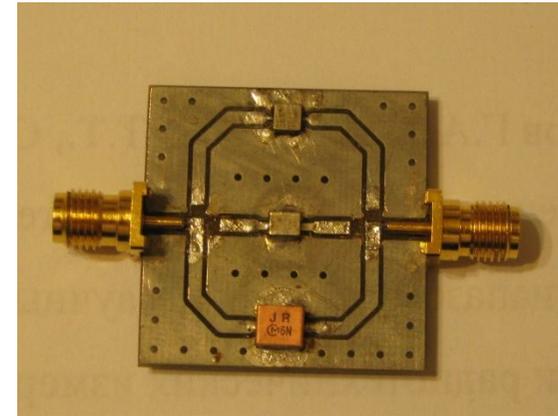
*Представлены результаты исследования двух керамических фильтров фирмы Murata типа LFB321G74SN1-770 и DFCEB21G89LDJAA. Показано, что потери в полосе пропускания  $\pm 25$  МГц не превышают 4 дБ. Ложные полосы пропускания на гармониках основной частоты отсутствуют.*

В современных средствах связи с подвижными объектами трудно обойтись без малогабаритных фильтров на поверхностных акустических волнах [1,2] и диэлектрических резонаторах [3-7]. Они позволяют существенно уменьшить массу, габариты, и, в конечном счете, стоимость разработки и изготовления аппаратуры связи. Исторически раньше появились фильтры на ПАВ, они больше распространились благодаря использованию в наземном, спутниковом и кабельном телевидении. Однако у ПАВ фильтров имеются недостатки, ограничивающие их применение: дороговизна, прецизионная точность изготовления, необходимость внешних цепей согласования, наличие ложных полос на гармониках основной частоты. Фильтры с диэлектрическими резонаторами являются более дешевыми, допускают большие погрешности изготовления, поэтому их исследование является актуальным.

Предметом исследования в данной работе является два керамических фильтра на частоты около 1,7-1,9 ГГц фирмы Murata. Типы этих фильтров LFB321G74SN1-770 и DFCEB21G89LDJAA.

Фото платы с фильтрами показано на рис. 1. На плате установлено три фильтра, при этом два из них – предметы исследования, а третий – это ПАВ

фильтр, исследованный в работе [1]. Коммутация фильтров к двум соединителям осуществляется с помощью перемычек.



*Рис.1. Фото платы с тремя фильтрами*

Экспериментальное исследование АЧХ фильтра проводилось на установке, структурная схема которой приведена на рис. 2. Из этого рисунка видно, что в качестве источника сигналов использован генератор сигналов ВЧ типа E8267D фирмы AgilentTechnologies. В качестве измерителя уровня выходного сигнала использован анализатор спектра 8564EC той же фирмы.



*Рис. 2. Структурная схема измерительной установки*

В первом эксперименте измерение АЧХ фильтра 1,7 ГГц проводилось по точкам в диапазоне 1610 – 1900 МГц с шагом 10 МГц. Результаты этого эксперимента отображены на рис. 3.

Во втором эксперименте измерение АЧХ фильтра 1,7 ГГц проводилось по точкам в диапазоне 1000 – 3600 МГц с шагом 50 МГц. Результаты второго эксперимента показаны на рис. 4.

В третьем эксперименте измерение АЧХ фильтра 1,9 ГГц проводилось по точкам в диапазоне 1850 – 1950 МГц с шагом 10 МГц. Результаты третьего эксперимента показаны на рис. 5.

В четвертом эксперименте измерение АЧХ фильтра 1,9 ГГц проводилось по точкам в диапазоне 1500 – 4000 МГц с шагом 50 МГц. Результаты четвертого эксперимента показаны на рис. 6.

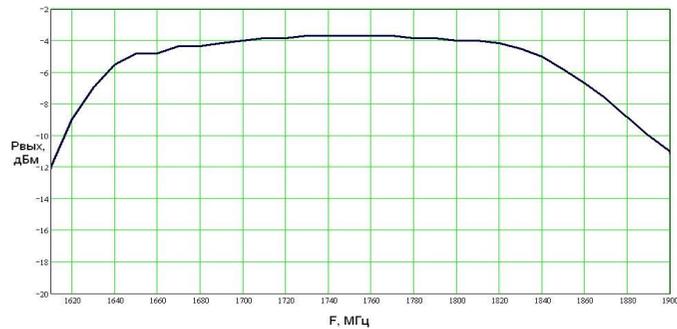


Рис. 3. АЧХ фильтра 1,7 ГГц в ближней зоне

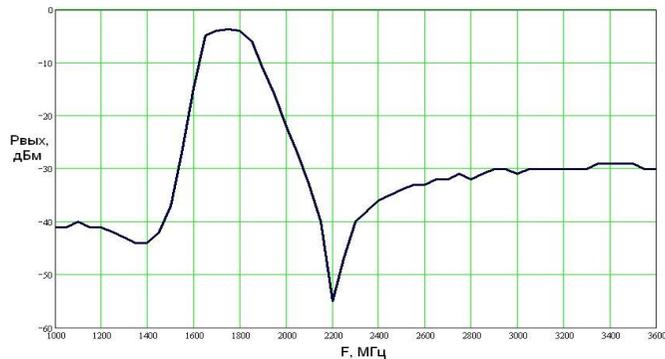


Рис. 4. АЧХ фильтра 1,7 ГГц в дальней зоне

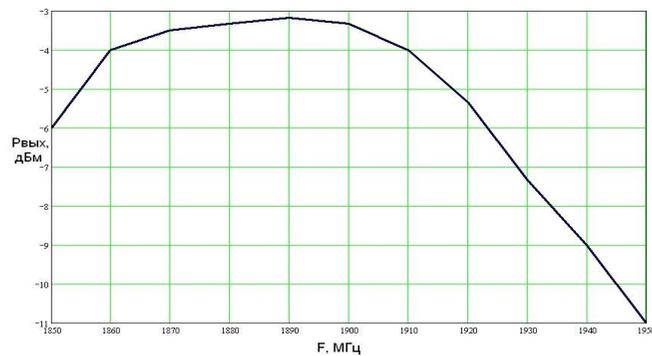


Рис. 5. АЧХ фильтра 1,9 ГГц в ближней зоне

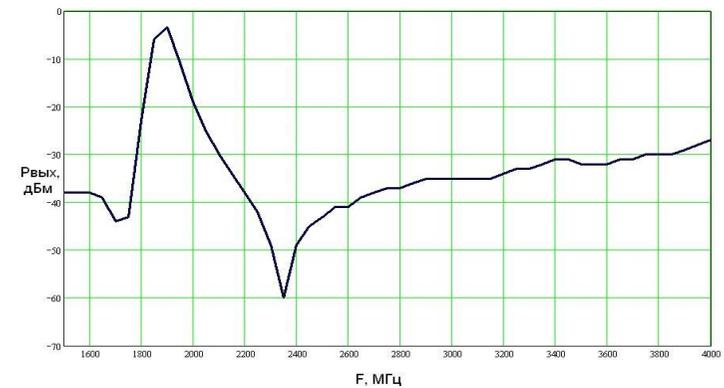


Рис. 6. АЧХ фильтра 1,9 ГГц в дальней зоне

#### Выводы:

1. Основные параметры фильтров следующие:

Для фильтра 1,7 ГГц:

- центральная частота  $f_0=1750$  МГц;
- ширина полосы пропускания на уровне минус 3 дБ от максимума  $\Delta f_{3дБ}=230$  МГц;
- потери в полосе пропускания по уровню минус 3 дБ от максимума не более 7 дБ;
- потери в полосе пропускания  $\pm 25$  МГц не более 4 дБ;
- потери в полосе загираия при отстройке от центральной частоты на  $\pm 300$  МГц не менее 30 дБ;

Этот фильтр можно использовать в системе DCS1800.

Для фильтра 1,9 ГГц :

- центральная частота  $f_0=1890$  МГц;
- ширина полосы пропускания на уровне минус 3 дБ от максимума  $\Delta f_{3дБ}=75$  МГц;
- потери в полосе пропускания по уровню минус 3 дБ от максимума не более 6 дБ;
- потери в полосе пропускания  $\pm 25$  МГц не более 4 дБ;
- потери в полосе загираия при отстройке от центральной частоты на  $\pm 200$  МГц не менее 30 дБ;

Этот фильтр можно использовать в системе DECT.

2. Оба фильтра не имеют ложных полос пропускания на гармониках основной частоты.

3. Разработка подобных фильтров отечественными предприятиями, их широкое внедрение в отечественную и зарубежную аппаратуру связи – важная задача на ближайшие годы [9].

## Библиографический список

1. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Власенко Д.В. Фильтр на ПАВ. ЭТИКС, 2013, №3, с. 5-7.
2. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Власенко Д.В., Гончарова Т.О., Третьяк А.А. Фильтры на ПАВ. ЭТИКС, 2014, №3, с. 50-54.
3. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Ковалева А.В. Экспериментальное исследование фильтра на диэлектрических резонаторах. IV Всероссийская молодежная научно-практическая конференция «Компьютерные технологии и телекоммуникации 2014», г. Грозный, стр. 51-54.
4. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. Том 2. М.: Додэка – XXI, 2008, - 942 с.
5. Каталог ОАО «НИИ «Феррит-Домен», с. 97.
6. Попов В.В., Одоевская Л.А., Бичурин М.И. Разработка малагабаритных полосовых СВЧ фильтров. Вестник Новгородского государственного университета, 2008, №46, с. 45.
7. Dielectric Filters (GIGAFIL). Каталог фирмы Murata. № 081E-2. 22 p.
8. Каталог фирмы AVX KYOCERA. FILTERS: CERAMIC, SAW, DIELECTRIC. <http://www.avxcorp.com>.
9. Якубов Т.А., Маннапов А.Р. Новые перспективы для отечественных производителей телекоммуникационного оборудования в контексте развития радиоэлектронной отрасли России. IV международная заочная научно-техническая конференция. Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. (ITRT-2014). Сборник статей. Тольятти. Апрель 2014, с. 264-270

© Зикий А. Н., Зламан П. Н., Доновская Т. В., Ковалева А. В., 2015

УДК 608.4

**В. А. Игнатюк\***

*\*Игнатюк Виктор Александрович, профессор*

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
viktor.ignatyuk@vvsu.ru*

**С. И. Сметанин\***

*\*Сметанин Станислав Игоревич, аспирант*

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
Sardo1@mail.ru*

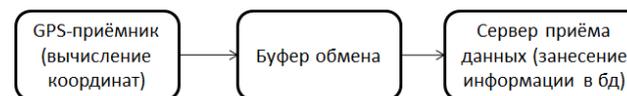
### МОБИЛЬНЫЙ ТЕРМИНАЛ ДЛЯ DGPS СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА С ДИНАМИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

*Ключевые слова: дифференциальный метод, SiRF-протокол, повышение точности, определение координат, расширенная система мониторинга, Raspberry Pi, мобильный терминал.*

*Представлены данные о разработанном мобильном терминале для DGPS системы спутникового мониторинга с использованием собственных базовых станций и мобильных терминалов. Оценены результаты эффективности подобной системы в сравнении со стандартной системой спутникового мониторинга. Представлены данные о разработанном мобильном терминале для DGPS системы спутникового мониторинга с использованием собственных базовых станций и мобильных терминалов. Оценены результаты эффективности подобной системы в сравнении со стандартной системой спутникового мониторинга.*

В данном докладе описывается мобильный терминал, работающий с расширенной системы спутникового мониторинга. В данном случае необходимо пояснить, что основное отличие указанной концепции от стандартной концепции системы спутникового мониторинга заключается во введении в схему приёма-передачи информации дополнительных звеньев – серверов контроля точности.

Стандартная схема системы спутникового мониторинга выглядит следующим образом:



**Рис. 1.** Схема работы стандартной системы спутникового мониторинга

При этом сервер приёма данных занимается только фильтрацией и занесением информации в базу данных системы мониторинга. Он ничего не делает с

самой информацией. В расширенной концепции спутникового мониторинга, увеличение точности координат является ключевым звеном всей системы.

Как показано на рисунке 2, GPS-приёмник считывает «сырую информацию» (англ. «raw data»), содержащую необработанные GPS-приёмником данные (такие, как величины псевдодальностей и орбитальные параметры спутников), после чего эта информация передаётся на ближайший к объекту мониторинга СКТ.

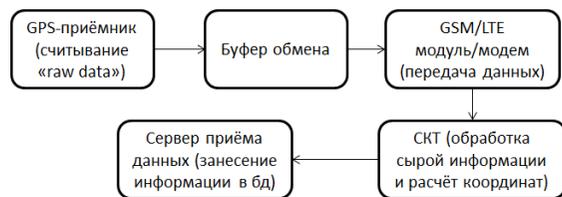


Рис. 2. Схема работы расширенной системы спутникового мониторинга

Данный сервер вносит поправки в «сырые данные», и подсчитывает позицию объекта мониторинга в соответствии с учитываемыми изменениями. Как результат этих действий, конечная позиция оказывается гораздо точнее, чем рассчитанная GPS-приёмником сама по себе.

В СКТ используется принцип DGPS (от англ. D – Differential, дифференциальный режим) – режим повышения точности сигналов GPS, заключающийся в учёте и измерении разницы между известными псевдодальностями до спутников и фактическими кодовыми псевдодальностями. С основными принципами построения DGPS систем можно ознакомиться в соответствующей литературе [1]. Подробную информацию о форматах и сообщениях, необходимых для реализации такого режима можно найти в [2], [3] и [4].

Мобильный терминал был создан на основе микрокомпьютера Raspberry Pi.

На рисунке 3 представлена структурная схема подключения Raspberry Pi B+ к основным элементам мобильного терминала.

Полный перечень оборудования приводится в нижеследующем списке:

- 1) Raspberry Pi B+
- 2) Raspberry Pi Expansion Board X100
- 3) Raspberry Pi Camera Module
- 4) Quectel SIRF IV L20 (GPS-приёмник)
- 5) Сенсорный монитор 2 DIN
- 6) Блок питания, 15 В, 10 А.
- 7) Модем LTE для передачи данных (подключается через USB)

Мобильный терминал так же использует алгоритм динамической передачи данных. В ходе проведённой обработки 14 GPS-треков, многие из которых огромной протяжённости (например, от Владивостока к Москве), была установлена статистическая закономерность. Идея алгоритма состоит в изменении способа передачи данных, заключающемся в переходе от статической закономерности трансляции координат от клиентского приложения к серверному с

определённым периодом (например, раз в секунду), к динамическому алгоритму, автоматически меняющему период передачи данных в зависимости от скорости движения объекта мониторинга.

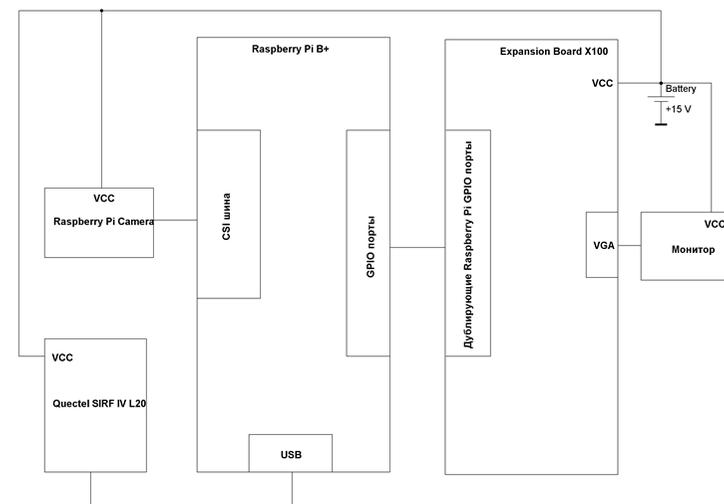


Рис. 3. Схема подключения использованного оборудования

У стандартного, статического алгоритма передачи данных есть один существенный недостаток – он приводит к переизбытку информации, часть которой не является необходимой для большинства нужд конечного потребителя услуг системы мониторинга. В данных системах может использоваться безлимитный тариф, тогда в таком алгоритме нет необходимости. Но если безлимитный тариф считается слишком дорогим для пользователя, то может использоваться оплата «по трафику». В этом случае, при статическом алгоритме передачи данных, количество потраченного трафика приобретает первостепенную роль.

Динамический алгоритм передачи данных позволяет существенно сократить количество потраченного трафика за счёт выборочной передачи информации. Вопрос состоял в том, какую именно информацию необходимо исключить без существенной потери данных GPS-трека?

Для исследования этого вопроса было написано программное обеспечение, оценивающее среднее время, затраченное объектом при условии постоянной скорости его движения до того, как данная скорость менялась. Гипотеза заключалась в том, что если есть последовательность координат на некотором участке с постоянной скоростью, то все промежуточные точки между первой и последней координатой могут быть исключены без существенного ущерба для целостности трека. Время между этими точками и будет периодом передачи данных на текущей скорости движения объекта.

В ходе анализа 14 треков удалось выделить среднее время для каждого из участка скоростей, разбитых по 5 км/ч каждый. Статистический график, отражающий закономерность передачи данных, указывается на рисунке, где по оси абсцисс лежит скорость объекта (в км/ч), а по оси ординат – период передачи данных (в секундах).

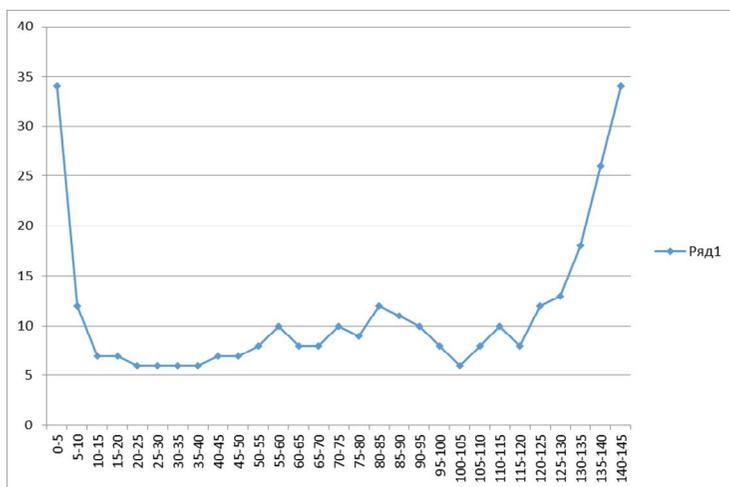


Рис. 4. Характеристика статистической закономерности

Визуальный осмотр изменённых треков, построенных на основе данной закономерности, подтверждают незначительную потерю информации при использовании динамического алгоритма передачи данных.

#### Библиографический список

- 1 Mobinder S., Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global Navigation Sattelite Systems, Inertial Navigation, and Integration // a john wiley & sons, inc., publication, 2013, p. 561
  - 2 SiRF Binary Protocol Reference Manual // SiRF Technology Inc. 2008, p. 1-65
  - 3 Сметанин С.И., Игнатюк В.А., Левашов Ю.А. Способ реализации дифференциального режима на базе стандартных GPS-приемников// «Динамика сложных систем», изд. Радиотехника, № 3, т.12, 2014
- Jay Farrell, Senior Member, IEEE and Tony Givargis. Differential GPS Reference Station Algorithm—Design and Analysis // IEEE Transactions on control systems technology, 2000, №3, p. 521.

© Игнатюк В. А., Сметанин С. И., 2015

УДК 004.716

**Б. О. Кавляев\***

\*Кавляев Баатр Олегович, студент

Южный федеральный университет, г.Таганрог Ростовской области  
kbaatr@Rambler.ru

### ТЕХНОЛОГИЯ ZIGBEE В СИСТЕМЕ «УМНЫЙ ДОМ»

*Ключевые слова:* технология, умный дом, IEEE 802.15.4, беспроводные сети, ZigBee.

*Рассмотрены вопросы, связанные беспроводной технологии ZigBee и использованием ее в системе «умный дом».*

Во многих системах требуются беспроводные сети связи, не обладающие высокой скоростью передачи, надежные, простые в развертывании и эксплуатации. Важно также, чтобы оборудование таких сетей допускало длительную работу от автономных источников питания, имело низкую стоимость, и было компактным. Пример такой системы – «умный дом». Такому сочетанию требований еще 10 лет назад не отвечал ни один из сетевых стандартов, что и привело к созданию стандартов IEEE 802.15.4 и ZigBee, описывающих устойчивые масштабируемые многошаговые беспроводные сети, простые в развертывании и поддерживающие самые разные приложения.

#### Беспроводные сети ZigBee

Спецификация ZigBee [1] разработана для создания дешевых беспроводных сетей с низким энергопотреблением используемых для передачи небольших объемов данных. Области применения таких сетей являются:

Протокол передачи данных ZigBee основанный на стандарте IEEE 802.15.4.[2] Этот стандарт описывает беспроводные персональные вычислительные сети WPAN. ZigBee нацелена на приложения, которым требуется большее время автономной работы от батарей и большая безопасность, при меньших скоростях передачи данных.

Она предусматривает два варианта адресации: 64-разрядный (IEEE) с возможностью адресации до 264 устройств в беспроводной сети и локальный 16-разрядный, с возможностью адресации до 2<sup>64</sup> устройств. Применение 16-разрядной адресации более экономично, так как позволяет существенно уменьшить длину радиозапросов.[3]

Скорость передачи данных вместе со служебной информацией в эфире составляет 250 кбит/с. При этом средняя пропускная способность узла для полезных данных в зависимости от загрузки сети и количества ретрансляций может лежать в пределах 5 ... 40 кбит/с.

В стандарте предусмотрены два типа физических устройств: полнофункционального устройства FFD и устройства с ограниченным набором функций RFD.

Основные отличия между полнофункциональным и функционально ограниченным устройством приведены в таблице 1.

## Различие FFDu RFD

Таблица 1.

Функционально ограниченное устройство	Полнофункционально устройство
Применяется только при соединении «звезда»	Возможен любой тип соединения
Не может использоваться как координатор сети	Может использоваться как координатор сети
Обмен данными только с полнофункциональными устройствами	Обмен данными с любым типом устройств
Требует минимальных объемов ОЗУ и ПЗУ для реализации частичной поддержки стандарта IEEE 802.15.4	Требует больших объемов ОЗУ и ПЗУ для реализации частичной поддержки стандарта IEEE 802.15.4
Основной способ питания - от батареи	Основной способ питания - от сети

Функционально ограниченные устройства обычно являются многочисленными узлами сети. Для них достаточно минимальных объемов памяти, и они способны выполнять лишь простейшие функции: поиск доступной сети, пересылка и получение данных. Такие устройства дешевле полнофункциональных, более компактны и экономичны. Благодаря возможности «засыпания» в периоды отсутствия обмена данными, функционально ограниченные устройства часто питаются от батарей или аккумуляторов.

**Топология сети ZigBee.**

Сеть ZigBee включает три типа логических устройств: координатор ZigBee, маршрутизатор ZigBee и оконечное устройство ZigBee.

Координатор ZigBee (ZC) является координатором PAN. Функции, выполняемые ZC зависят от топологии сети.

Маршрутизатор ZigBee (ZR) – полнофункциональное устройство стандарта IEEE 802.15.4, которое не является координатором ZigBee, однако может быть координатором стандарта 802.15.4 и маршрутизатором сообщений между устройствами ZigBee и устройством, присоединяющим новые устройства к сети.

Оконечное устройство – любое устройство стандарта IEEE802.15.4 (RFD и FFD), не являющееся ни ZC, ни ZR.

Основная особенность ZigBee заключается в том, что она при относительно невысоком энергопотреблении поддерживает не только простые топологии беспроводной связи («точка-точка» и «звезда»), но и сложные беспроводные сети.

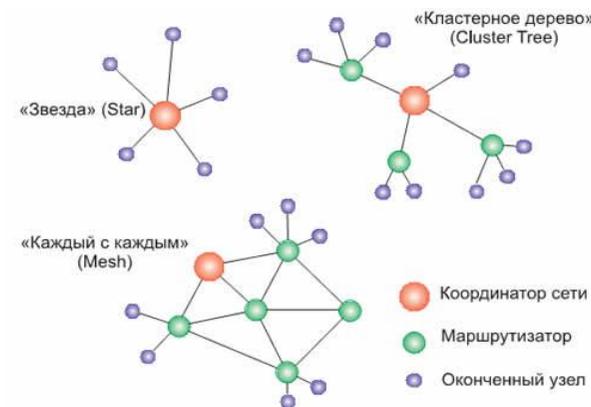


Рис 1. Топологии беспроводной сети IEEE 802.15.4

**Безопасность технологий.**

Важной особенностью технологии ZigBee для СОПС является высокая криптостойкость передаваемых данных. Шифрование данных осуществляется при помощи алгоритма AES-128 с симметричным ключом, как во время передачи данных в сети, так и во время ее образования.

Предварительное занесение ключей шифрования во все узлы позволяет, с одной стороны, не допустить в сеть посторонние устройства и подменить передаваемые данные, с другой стороны – делает возможной расшифровку информации, полученной путем прослушивания эфира.

Механизм шифрования, задействованный в данном стандарте, основан на применении симметричного ключа, который поставляется «сверху». Это значит, что вышележащие слои должны уметь определять, когда используются режимы безопасности на MAC-уровне, и формировать все основные параметры (в том числе и ключи) для работы сервисов защиты.

**Основные сервисы защиты:**

- управление доступом с помощью списков контроля доступа ACL. Если устройство поддерживает данный сервис, оно должно иметь в своем ACL-списке перечень всех устройств, от которых оно ожидает получения данных;

Производитель	Аппаратные решения	Программные решения
Freescale Semiconductor [4]	Радиотрансиверы IEEE 802.15.4: - MC13192 - MC13193 - MC13202 - MC13203 Гибридные интегральные микросхемы (SiP): - MC13212 - MC13213 - MC13214 Платформы в едином корпусе (PiP): - MC1322x	BeeKit — программный инструмент для создания и конфигурирования программных модулей, реализующих коммуникационную технологию ZigBee

Texas Instruments [5]	Радиотрансиверы IEEE 802.15.4: - CC2420 - CC2520 Системы на кристалле (SoC): - CC2430 - CC2431 ZigBee акселераторы: - CC2480A1	Простой сетевой протокол SimplicityTI для сетей с небольшим числом узлов до 256. Более сложный набор ПО TIMAC, поддерживающий топологии «точка-точка» и «звезда». Z-stack — набор программных модулей для реализации полной технологии ZigBee. Сетевые протоколы поддерживают все аппаратные платформы, вплоть до систем на кристалле
Ember	Системы на кристалле (SoC): - EM250 ZigBee-акселераторы: - EM260	ZigBee Development Tools — набор программных инструментов для создания и конфигурирования программных модулей для реализации технологии ZigBee
Digi International	Готовые ZigBee-модули: - XB24-X - XBP24-X	Программное обеспечение для модулей, позволяющее создавать ZigBee-сети на их основе (ZB и ZNet firmware).
STMicroelectronics	Готовые ZigBee-модули: - SPZB250 - SPZB260	Предлагается использовать программные решения от Ember, поскольку модули основаны на микросхемах этой компании
Panasonic	Готовые ZigBee-модули: - PAN802154HAR00 - PAN4555 - PAN4570	Предлагается использовать программные решения от Freescale Semiconductor и Ember, поскольку модули основаны на микросхемах этих компаний

- шифрование данных для защиты от несанкционированного доступа. Для обеспечения криптозащиты используются симметричные ключи. Данные могут шифроваться как с использованием ключа, общего для группы устройств, так и с помощью отдельных ключей для каждой пары устройств (при этом ключ хранится также в ACL-списке);

- контроль целостности фрейма. Данный сервис использует специальный код целостности сообщения MIC для защиты передаваемых данных от возможных изменений их устройствами, не «знающими» криптографического

ключа. Код этот также может быть общим для группы устройств или личным для пар устройств;

- Sequential freshness — специальный сервис, предназначенный для обновления рассылаемых устройствам в сети симметричных ключей.

#### Обзор элементной базы.

Краткий обзор элементной базы от наиболее крупных производителей, среди которых по степени интеграции и комплектности решений выделяются Freescale Semiconductor и Texas Instruments (см. табл. 2).

Таблица 2.

#### Решения в области ZigBee-технологии от различных производителей

Производитель	Аппаратные решения	Программные решения
Freescale Semiconductor [4]	Радиотрансиверы IEEE 802.15.4: - MC13192 - MC13193 - MC13202 - MC13203 Гибридные интегральные микросхемы (SiP): - MC13212 - MC13213 - MC13214 Платформы в едином корпусе (PiP): - MC1322x	BeeKit — программный инструмент для создания и конфигурирования программных модулей, реализующих коммуникационную технологию ZigBee
Texas Instruments [5]	Радиотрансиверы IEEE 802.15.4: - CC2420 - CC2520 Системы на кристалле (SoC): - CC2430 - CC2431 ZigBee акселераторы: - CC2480A1	Простой сетевой протокол SimplicityTI для сетей с небольшим числом узлов до 256. Более сложный набор ПО TIMAC, поддерживающий топологии «точка-точка» и «звезда». Z-stack — набор программных модулей для реализации полной технологии ZigBee. Сетевые протоколы поддерживают все аппаратные платформы, вплоть до систем на кристалле
Ember	Системы на кристалле (SoC): - EM250 ZigBee-акселераторы: - EM260	ZigBee Development Tools — набор программных инструментов для создания и конфигурирования программных модулей для реализации технологии ZigBee
Digi International	Готовые ZigBee-модули: - XB24-X - XBP24-X	Программное обеспечение для модулей, позволяющее создавать ZigBee-сети на их основе (ZB и ZNet firmware).

STMicroelectronics	Готовые ZigBee-модули: - SPZB250 - SPZB260	Предлагается использовать программные решения от Ember, поскольку модули основаны на микросхемах этой компании
Panasonic	Готовые ZigBee-модули: - PAN802154HAR00 - PAN4555 - PAN4570	Предлагается использовать программные решения от Freescale Semiconductor и Ember, поскольку модули основаны на микросхемах этих компаний

Компания Freescale Semiconductor одной из первых начала предлагать свои решения в области ZigBee-коммуникаций и на сегодняшний день выпускает широкий ряд различных устройств и необходимые программные пакеты, предназначенные для организации связи согласно этому стандарту. Из ее ассортимента можно выделить трансиверы, гибридные интегральные микросхемы (SiP) и платформы PiP. Основные характеристики этих микросхем приведены в табл. 3, 4 и 5.

Таблица 3.

**Основные характеристики трансиверов компании Freescale Semiconductor**

Параметр	MC13192/MC13193/MC13202/MC13203
Напряжение питания	2...3,4 В
Рабочий частотный диапазон	2,405... 2,485 ГГц
Число каналов/шаг	16/5 МГц
Максимальная скорость радиопередачи информации	250 Кбит/с
Выходная мощность радиопередатчика	3,6 <дБм (настраивается программно)
Чувствительность радиоприемника	-92 дБм
Наличие встроенного Rx/Tx переключателя	MC13192/MC13193 — Нет, MC13202/MC13203 — Есть
Возможность подключения внешнего усилителя	Есть
Поддерживаемые сетевые топологии	«Точка-точка», «звезда», «кластерное дерево», «каждый с каждым»
Интерфейс связи с ведущим микроконтроллером	4-проводной SPI

Рабочий температурный диапазон	-40...85°C
Особенности	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 канала событий внутреннего таймера.</li> <li>• Возможность тактирования внешнего микроконтроллера. - Адаптирован под применение ZigBee стека Figure 8 Wireless Z-Stack*.</li> </ul> <p>* Только для трансиверов MC13193 и MC13203</p>

Таблица 4.

**Основные характеристики SiP от компании Freescale Semiconductor**

Параметр	MC13212/MC13213/MC13214
Интегрированный трансивер	MC1320x
Интегрированный микроконтроллер	MC9S08GTx
Частота ядра	40 МГц
Flash память	32/60/60 Кбайт
RAM память	2/4/4 Кбайт
Напряжение питания	1,8...3,6 В
АЦП	10-бит, 8 каналов
Последовательные интерфейсы	SPI, 2SCI (UART), I2C
Рабочий температурный диапазон	-40...85°C
Особенности	MC13214 полностью адаптирован под применение ZigBee стека Figure 8 Wireless Z-Stack

Таблица 5.

**Основные характеристики PiP от компании Freescale Semiconductor**

Параметр	MC1322X
Рабочий частотный диапазон	2,405... 2,485 ГГц
Число каналов/шаг	16/5 МГц
Максимальная скорость радиопередачи информации	250 Кбит/с

Выходная мощность радио-передатчика	-30.. 4 дБм (настраивается программно)
Чувствительность радиоприемника	-95 дБм
Наличие встроенного переключателя Rx/Tx	Есть
Возможность подключения внешнего усилителя	Есть
Поддерживаемые сетевые топологии	«Точка-точка», «звезда», «кластерное дерево», «каждый с каждым»
Ядро микроконтроллера	ARM7
Частота ядра	26 МГц
Flash-память	До 128 Кбайт
RAM-память	96 Кбайт
ROM-память	80 Кбайт
Напряжение питания	2,0...3,6 В
Рабочий температурный диапазон	-40...105°C
Особенности	6 активных режимов работы, 3 энергосберегающих. Наличие аппаратного MAC-акселератора. Аппаратный кодировщик AES-128. Расширенный набор периферии микроконтроллера. Требуется малое количество внешних компонентов

Сети ZigBee, в отличие от других беспроводных сетей передачи данных, полностью удовлетворяют перечисленные выше требования, а именно:

- благодаря ячеистой (mesh) топологии сети и использованию специальных алгоритмов маршрутизации, сеть ZigBee обеспечивает самовосстановление и гарантированную доставку пакетов в случаях обрыва связи между отдельными узлами (появления препятствия), перегрузки или отказа какого-то элемента;
- спецификация ZigBee предусматривает криптографическую защиту данных, передаваемых по беспроводным каналам, и гибкую политику безопасности;
- устройства ZigBee отличаются низким электропотреблением, в особенности конечные устройства, для которых предусмотрен режим «сна», что позволяет этим устройствам работать до трех лет от одной обычной батарейки AA и даже AAA;
- сеть ZigBee – самоорганизующаяся, ее структура задается параметрами профиля стека конфигурирования и формируется автоматически путем присое-

динения (повторного присоединения) к сети образующих ее устройств, что обеспечивает простоту развертывания и легкость масштабирования путем простого присоединения дополнительных устройств;

- устройства ZigBee компактны и имеют относительно невысокую стоимость;

Связь в сети ZigBee осуществляется путем последовательной ретрансляции пакетов от узла источника до узла адресата. В сети ZigBee предусмотрено несколько альтернативных алгоритмов маршрутизации, выбор которых происходит автоматически.

Цена, которую пришлось заплатить в сетях ZigBee за минимизацию энергопотребления, компактность и дешевизну – относительно низкая скорость передачи данных, которая составляет 250 кбит/с.

Расстояние между рабочими станциями сети составляет десятки метров внутри помещений и сотни метров на открытом воздухе. За счет ретрансляций покрываемая сетью зона может быть весьма значительной: до нескольких тысяч квадратных метров в помещении и до нескольких гектар на открытом пространстве. Более того, сеть ZigBee может быть расширена добавлением новых элементов или наоборот разбита на несколько зон простым назначением соответствующего числа новых конфигурировщиков сети. Это бывает полезно для снижения нагрузки и соответственно повышения скорости передачи данных.

#### Библиографический список

1. ZigBee specification from 27.06.2005 by ZigBee Alliance
2. Standard IEEE 802.15.4-2003
3. Будилов В. Н., Сулопарова М. Э. О пределах сокращения энергопотребления беспроводных датчиков. Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2014): сб. статей IV международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2014. – С. 87-90.
4. Официальный сайт компании Freescale Semiconductor//www.freescale.com
5. Официальный сайт компании Texas Instruments//www.ti.com

© Кавляев Б. О., 2015

УДК 519.872

**А. П. Кирпичников\****\*Кирпичников Александр Петрович, д.ф.-м.н., профессор**Казанский национальный исследовательский технологический университет  
kirpichnikov@kstu.ru***А. С. Титовцев\****\*Титовцев Антон Сергеевич, к.т.н., доцент**Казанский национальный исследовательский технологический университет  
notna6683@mail.ru***З. Фадхкал\****\*Фадхкал Зайнаб, аспирант**Казанский национальный исследовательский технологический университет  
zanababbas@yahoo.com*

### О МОМЕНТАХ ДЛИНЫ ОЧЕРЕДИ В ОТКРЫТЫХ СИСТЕМАХ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

*Ключевые слова: система массового обслуживания, коэффициент вариации, поток требований, очередь, обслуживающее устройство.*

*Рассмотрено поведение коэффициента вариации, связывающего первые и вторые моменты числа заявок, ожидающих обслуживания в очереди, в различных системах массового обслуживания (СМО). Показано, что изучение этой величины позволяет сделать ряд нетривиальных выводов о режимах функционирования многоканальных СМО с ограниченным объёмом накопителя.*

В математической статистике при изучении зависимостей случайных величин принято вводить коэффициент вариации

$$v = \sigma(t)/E(t), \quad (1)$$

который в данном случае равен отношению среднеквадратического (стандартного) отклонения числа заявок, поступающих в систему за единицу времени  $\sigma(t)$ , к математическому ожиданию  $E(t)$  этой величины. Заметим, что в теории массового обслуживания коэффициентом вариации иногда называют несколько другую величину [1]

$$\tilde{v} = D(t)/E(t) \quad (2)$$

где  $D(t) = \sigma^2(t)$ , которая также характеризует степень нерегулярности соответствующего потока заявок. При этом для простейшего потока заявок этот коэффициент равен единице, для регулярного или детерминированного потока, то есть потока, в котором промежутки времени между двумя последовательными заявками являются постоянными величинами, коэффициент вариации  $\tilde{v}$  равен нулю, для большинства же других законов распределения  $0 < \tilde{v} < 1$ . Ясно, что в этом случае

$$\tilde{v} = v^2 E(t). \quad (3)$$

Коэффициенты вариации вида (1) и (2) мы будем в дальнейшем для определённости называть коэффициентами вариации первого и второго рода.

Рассмотрим, как вводятся коэффициенты вариации для числа заявок, ожидающих обслуживания в очереди, и к каким результатам это нас приведёт. В основном нас будут интересовать многоканальные СМО. В этом случае для классической СМО (модель М/М/1)

$$\bar{l} = \frac{\rho^2}{1-\rho}; \quad \sigma_l^2 = \frac{1+\rho}{1-\rho} \bar{l} - \bar{l}^2 = \frac{\rho^2(1+\rho-\rho^2)}{(1-\rho)^2}$$

откуда

$$v_l^{(1)} = \sqrt{\frac{1+\rho}{(1-\rho)\bar{l}} - 1} = \sqrt{\frac{1+\rho-\rho^2}{\rho}}; \quad (4)$$

$$\tilde{v}_l^{(1)} = \frac{1+\rho}{1-\rho} - \bar{l} = \frac{1+\rho-\rho^2}{1-\rho}. \quad (5)$$

Для многоканального устройства (модель М/М/м)

$$\bar{l} = \frac{\rho P_{\text{ожид}}}{m-\rho}; \quad \sigma_l^2 = \frac{m+\rho}{m-\rho} \bar{l} - \bar{l}^2 = \frac{\rho P_{\text{ожид}}(m+\rho-\rho P_{\text{ожид}})}{(m-\rho)^2},$$

так что

$$v_l^{(2)} = \sqrt{\frac{m+\rho}{(m-\rho)\bar{l}} - 1} = \sqrt{\frac{m+\rho-\rho P_{\text{ожид}}}{\rho P_{\text{ожид}}}}; \quad (6)$$

$$\tilde{v}_l^{(2)} = \frac{m+\rho}{m-\rho} - \bar{l} = \frac{m+\rho-\rho P_{\text{ожид}}}{m-\rho}. \quad (7)$$

Для модели с очередью конечной длины (модель М/М/м/Е)

$$\bar{l} = \frac{\rho(P_{\text{ожид}} - E P_{\text{отк}})}{m-\rho}; \quad \sigma_l^2 = \frac{(m+\rho)\bar{l} - \rho E(E+1)P_{\text{отк}} - \bar{l}^2}{m-\rho},$$

и тогда

$$v_l^{(4)} = \sqrt{\frac{m+\rho}{(m-\rho)\bar{l}} - \frac{\rho E(E+1)P_{\text{отк}}}{(m-\rho)\bar{l}^2} - 1}; \quad (8)$$

$$\tilde{v}_l^{(4)} = \frac{m+\rho}{m-\rho} - \frac{\rho E(E+1)P_{\text{отк}}}{(m-\rho)\bar{l}} - \bar{l}. \quad (9)$$

В вырожденном случае  $\rho = m$  имеем [2-4]

$$\bar{l}|_{\rho=m} = \frac{E(E+1)}{2} P_{\text{отк}}|_{\rho=m} = \frac{E+1}{2} P_{\text{ожид}}|_{\rho=m};$$

$$\sigma_l^2|_{\rho=m} = \frac{E(E+1)(2E+1)}{6} P_{\text{отк}}|_{\rho=m} - \bar{l}|_{\rho=m}^2 = \\ = \frac{(E+1)(2E+1)}{6} P_{\text{ожид}}|_{\rho=m} - \bar{l}|_{\rho=m}^2,$$

в результате чего

$$v_l^{(4)} \Big|_{\rho=m} = \sqrt{\frac{2E+1}{3l}-1}; \quad \tilde{v}_l^{(4)} \Big|_{\rho=m} = \frac{2E+1}{3} - l. \quad (10)$$

Для коэффициентов вариации первого рода имеем следующий результат:

$$1 < v_l^{(1)} < \infty, \quad 1 < v_l^{(2)} < \infty, \quad 0 < v_l^{(4)} < \infty.$$

Как легко видеть, критическое значение приведённой интенсивности  $\rho_{кр}(v_l^{(4)}=1)$  в данном случае существует только для модели системы с ограничениями.

Обратимся к коэффициентам вариации второго рода. Здесь для систем с неограниченной очередью мы имеем обратный результат

$$\infty > \tilde{v}_l^{(1)} > 1, \quad \infty > \tilde{v}_l^{(2)} > 1, \quad \infty > \tilde{v}_l^{(4)} > 0.$$

Отсюда для систем массового обслуживания с ожиданием

$$\tilde{v}_l^{(1)}, \quad \tilde{v}_l^{(2)} > \sqrt{\frac{1}{l}}. \quad (11)$$

Как видим, в данном случае отношение среднеквадратического отклонения числа требований, находящихся в очереди к обслуживающему устройству, к их средней величине ограничено снизу, но не ограничено сверху, то есть при определённых условиях может значительно превысить среднее число заявок, находящихся в очереди на обслуживание. Говоря другими словами, колебания числа заявок в очереди достаточно велики. Далее, для системы с ограничениями (по классификации Дж. Кендалла – модель М/М/м/Е) также должно существовать некоторое критическое значение приведённой интенсивности потока требований  $\tilde{\rho}_{кр}(\tilde{v}_l^{(4)}=1)$ . Это критическое значение приведённой интенсивности можно назвать по аналогии с введённой выше терминологией критическим значением второго рода.

Для многоканальных СМО задачу о вычислении критических значений параметров, при которых значения  $v_l^{(i)}=1$ ,  $v_l^{(4)}=1$  и  $\tilde{v}_l^{(4)}=1$ , можно поставить следующим образом. В реальных условиях эксплуатации систем и объектов, работающих по принципу СМО, естественным желанием является организовать процесс их эксплуатации таким образом, чтобы работа этих объектов и систем протекала бы как можно более в равномерных режимах. При этом следует учесть то обстоятельство, что единственным параметром, который можно было бы более или менее быстро изменять в реальных условиях, для многоканальных устройств на практике является только число параллельно работающих однородных обслуживающих устройств  $m$ .

Коэффициенты вариации  $v_l^{(4)}$  и  $\tilde{v}_l^{(4)}$  являются функциями, как переменной  $\rho$ , так и параметра  $m$  (числа обслуживающих каналов в многоканальном устройстве). Будем теперь рассматривать эту последнюю величину в качестве некоторой формальной непрерывной переменной, и попробуем в этом случае также найти некоторые критические значения  $m_{кр}(v_l^{(i)}=1)$ ,  $m_{кр}(v_l^{(4)}=1)$  и

$\tilde{m}_{кр}(\tilde{v}_l^{(4)}=1)$ , при которых выполнены условия  $v_l^{(i)}=1$ ,  $v_l^{(4)}=1$  и  $\tilde{v}_l^{(4)}=1$ , которые будем считать пограничными условиями для равномерного режима работы многоканального устройства. При этом имеется в виду, что такого рода равномерный режим наступает при значениях параметров  $v_l^{(4)}$  и  $\tilde{v}_l^{(4)}$ , меньших единицы. Конечно, с точки зрения возможных приложений результатов данной работы, равномерный режим эксплуатации должен определяться лишь условиями  $v_l^{(i)}=1$ ,  $v_l^{(4)}=1$ , но для методологической последовательности всего исследования в целом, мы рассмотрим также и критические условия второго рода, то есть найдём критическое значение  $\tilde{m}_{кр}(\tilde{v}_l^{(4)}=1)$ .

Подчеркнём при этом, что если в обычной постановке задачи должны определяться значения  $\rho_{кр}$  и  $\tilde{\rho}_{кр}$ , как функции параметра  $m$ , то есть  $\rho_{кр}=\rho_{кр}(m)$ ,  $\tilde{\rho}_{кр}=\tilde{\rho}_{кр}(m)$ , то в данном случае нам нужно будет искать своего рода обратные зависимости  $m_{кр}=m_{кр}(\rho)$  и  $\tilde{m}_{кр}=\tilde{m}_{кр}(\rho)$ .

Задачи подобного рода можно также распространить и на системы дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков заявок, введённых в рассмотрение и изученных в цикле работ [5-18]. Пока мы ограничимся тем, что приведём результаты расчётов  $\tilde{m}_{кр}=\tilde{m}_{кр}(\rho)$  для случаев СМО с конечным объёмом накопителя.

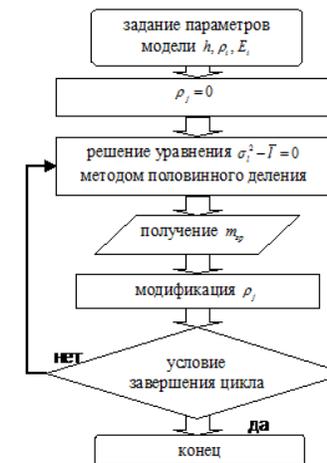


Рис. 1. – Блок-схема алгоритма

Блок-схема численного решения поставленной задачи для различных значений, задаваемых в программе объёма накопителя  $E$ , приведена на рис. 1.

Методом деления отрезка пополам, варьируя приведенной интенсивностью входного потока заявок  $\rho$  в пределах от 2 до 12, были найдены значения  $\tilde{m}_{кр} = \tilde{m}_{кр}(\rho)$  при различных ограничениях на длину очереди  $E=2,5,10,50,100$ . С этой целью был проведён цикл вычислительных экспериментов по алгоритму, представленному выше (рис. 1). При этом в формулах для вероятностных характеристик, через которые выражены моменты числа заявок в очереди, факториальные зависимости  $m!$  формально заменялись соответствующими гамма-функциями  $\Gamma(m+1)$ , условно считая  $m$  непрерывной величиной.

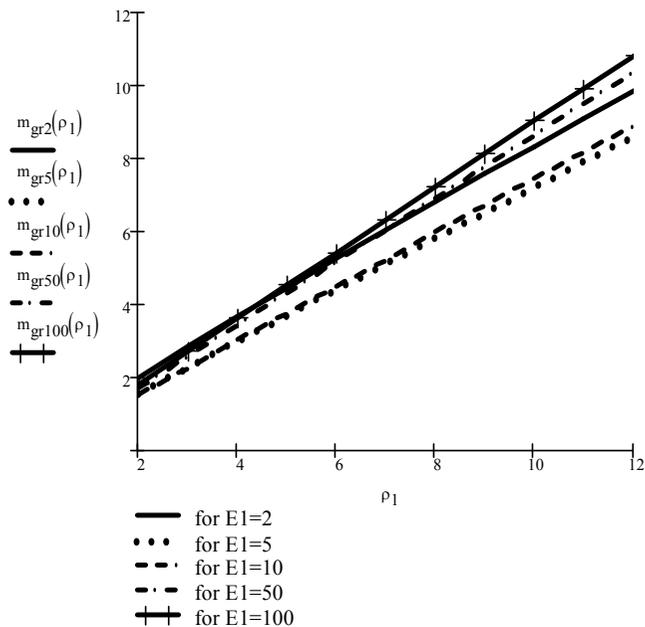


Рис. 2. – Зависимость  $m$  критического от приведенной интенсивности входного потока заявок  $\rho$  для коэффициента вариации длины очереди 2 рода.

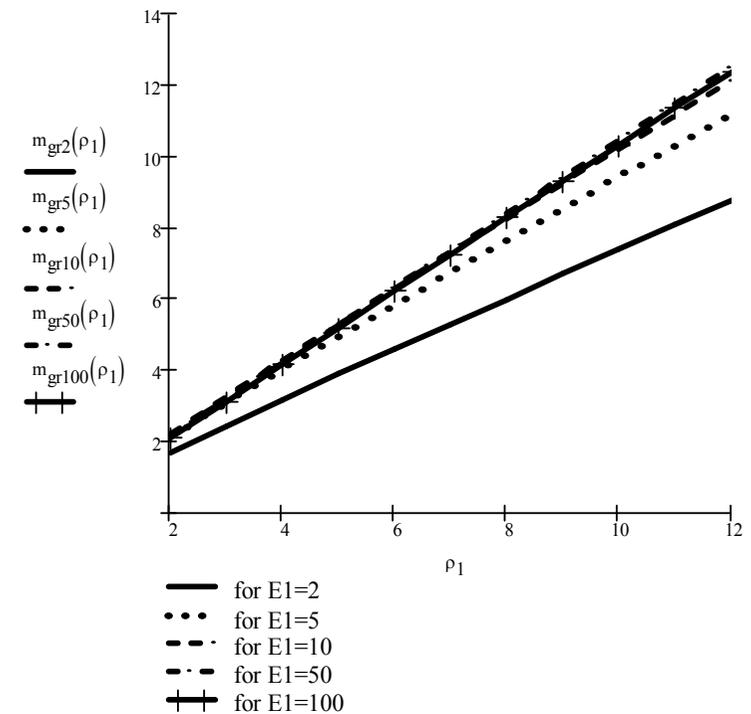


Рис. 3. – Зависимость  $m$  критического от приведенной интенсивности входного потока заявок  $\rho$  для коэффициента вариации длины очереди 1 рода.

На рис.2 – 3 приведены результаты численных расчётов в виде зависимости  $\tilde{m}_{кр} = \tilde{m}_{кр}(\rho)$  от приведенной интенсивности входного потока заявок  $\rho$ . Наиболее ярким и непредсказуемым результатом явилось в данном случае установление линейной (или почти линейной) зависимости  $\tilde{m}_{кр} = a + b\rho$ , в которой параметры зависят от значения заданного объёма накопителя  $E$ .

Полученные результаты могут быть полезны при проектировании и эксплуатации достаточно широкого класса объектов и систем, работающих по принципу систем массового обслуживания.

#### Библиографический список

1. С.А. Майоров (ред.), *Основы теории вычислительных систем*. Высшая школа, Москва, 1978. 408 с.
2. А.П. Кирпичников, *Прикладная теория массового обслуживания*. Казань, Изд-во Казанского гос. ун-та, 2008. 112 с.

3. А.П. Кирпичников, *Методы прикладной теории массового обслуживания*. Казань, Изд-во Казанского университета, 2011. 200 с.
4. А.П. Кирпичников, З. Фадхкал, *Вестник Казан. технол. ун-та*, **17**, 19, С. 383-388 (2014).
5. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, *Вестник Казан. технол. ун-та*, **16**, 6, С. 248-252 (2013).
6. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, *Наука в Центральной России*, 4, С. 5-8 (2013).
7. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, В сб. *Информационных технологий. Радиоэлектроника. Телекоммуникации*. Изд-во ПВГУС, Тольятти, 2013. С. 166-170.
8. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, *Вестник Казан. технол. ун-та*, **16**, 11, С. 255-257 (2013).
9. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, *Вестник Казан. технол. ун-та*, **16**, 18, С. 282-286 (2013).
10. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, *Вестник Казан. технол. ун-та*, **16**, 23, С. 242-244 (2013).
11. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, В сб. *Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях*. Изд-во ПВГУС, Тольятти, 2014. С. 106-110.
12. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, *Вестник Казан. технол. ун-та*, **17**, 4, С. 307-312 (2014).
13. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, *Вестник Казан. технол. ун-та*, **17**, 5, С. 279-281 (2014).
14. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, В сб. *Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации*. Изд-во ПВГУС, Тольятти, 2014. С. 142-150.
15. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, *Вестник Казан. технол. ун-та*, **17**, 10, С. 238-240 (2014).
16. А.Р. Kirpichnikov, A.S. Titovsev, *Scienza e Tecnica Vitivinicola*, **29**, 7, 108-122 (2014).
17. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, *Вестник Костром. гос. ун-та им. Н.А. Некрасова*, 4, С. 20-23 (2014).
18. А.П. Кирпичников, А.С. Титовцев, *В мире научных открытий*, 10(58), С. 122-136 (2014).

© Кирпичников А. П., Титовцев А. С., Фадхкал З., 2015

УДК 004.716

**С. А. Кокорев\***

*\*Кокорев Сергей Андреевич, студент*

*Технологический университет, г. Королёв Московской области  
kokorev@mail.ru*

**Н. А. Кузькин\***

*\*Кузькин Николай Алексеевич, студент*

*Технологический университет, г. Королёв Московской области  
nikolkay\_95@mail.ru*

### **АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К УСТРОЙСТВАМ СБОРА И ОБРАБОТКИ БЫСТРОМЕНЯЮЩИХСЯ ПРОЦЕССОВ НА БОРТУ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

*Ключевые слова: быстроменяющиеся процессы, ракетно-космическая техника.*

*Рассмотрены вопросы, связанные с анализом требований и технических характеристик, предъявляемых к устройствам сбора и обработкой быстроменяющихся процессов на борту ракетно-космической техники. Проанализированы требования к построению бортовых аппаратно-программных средств по сбору и обработке быстроменяющихся процессов на борту ракетно-космической техники.*

Понятие вибрации пришло в ракетно-космическую технику (РКТ) с моментов первых испытаний, когда появилась необходимость получать данные о состоянии изделия и его отдельных элементах в части виброакустических процессов [1-3, 14, 18]. Особое место отводится быстроменяющимся процессам (БМП), которые в силу своей специфики первыми откликаются на неблагоприятное развитие событий. Наиболее актуальным это становится при возникновении нештатной ситуации, когда необходимо решать две задачи [5, 8-11]:

1. Принять срочные меры по возможности устранить или хотя бы парировать возникшее нештатное развитие событий.

2. Передать на землю по возможности максимальное количество измеренной информации для анализа и определения причины возникновения нештатной ситуации.

Виброакустические параметры относятся к группе быстроменяющихся параметров для сбора которых требуется частота опроса от 8 кГц до 20 кГц. Для сравнения у медленноменяющихся параметров, таких как давление и температура, частота опроса составляет около 10 Гц [6, 7]. В период первых разработок РКТ было предложено проводить обработку информации на борту, так как виброакустические параметры обладают большой информативностью.

В начале 60-х годов были изготовлены экспериментальные приборы на основе LC-фильтров, позволяющие обработать данный поток информации. Но в результате от них пришлось отказаться, так как на тот момент элементная база была достаточно крупных размеров, и прибор получился больших габаритов. Обработку было решено производить на земле передовая все данные по радио-

каналу. Внимание было переведено в сторону направления расширения канала передачи данных. Позднее, в 70-х годах удалось произвести обработку данных на борту. Для обработки использовались Барбитовские фильтры [12].

В начале 80-х годов, была разработана аппаратура на основе активных фильтров, но ее не смогли применить на борту из-за большого уровня потребления электроэнергии. В конце 80-х годов была разработана аппаратура бортовой обработки на основе аналого-дискретных фильтров (операционных усилители с конденсаторами в качестве памяти). Была снята с изделий из-за неустойчивой работы в температурном диапазоне.

В настоящее время в связи с развитием элементной базы появилась возможность решить данную задачу. В частности речь идет о быстродействующих и малопотребляющих процессорах [4, 13-17].

В последнее время произошло резкое увеличение числа измеряемых вибропараметров, которых необходимо передавать на землю. При этом возможностей расширенного канала недостаточно, особенно на большой высоте. В связи с этим вновь возникла необходимость в обработке вибрационных параметров на борту космического аппарата (КА) [14].

На сегодняшний день, можно сформировать необходимые требования для реализации бортовой обработки: возможность многоканальной обработки, 24 канала; высокое быстродействие; большая разрядность, 16 разрядов; малые габариты; малый вес; малое энергопотребление, до 10 Вт.

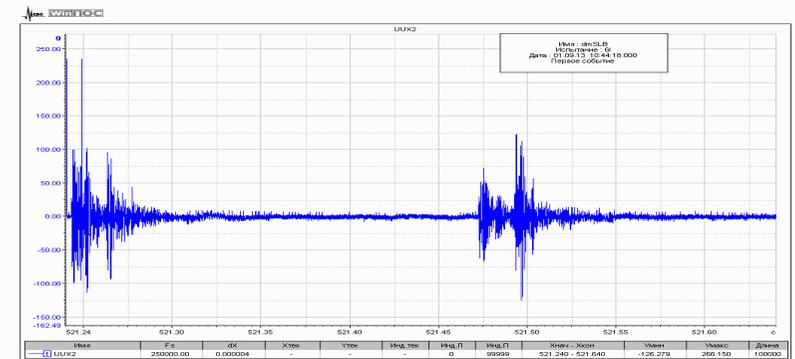
В настоящее время существует аппаратура на отечественной элементной базе, но с малой разрядностью и с большими габаритами. Одно из таких устройств разработано ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС» и представляет собой систему мониторинга большого количества датчиков.

Одним из таких датчиков является бортовое устройство сбора и обработки быстроменяющихся процессов (УСО-БМП) протекающих на изделиях ракетно-космических комплексов (РКК). Данное устройство представляет собой моноблок, устанавливаемый на ракетносителях или разгонных блоках.

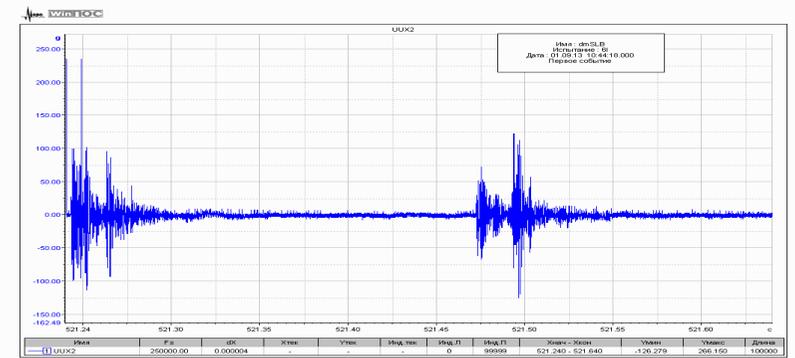
Его основными функциями являются:

- приём и сбор в реальном масштабе времени информации об ударных процессах;
- обнаружение и регистрация ударных процессов с предысторией;
- формирование специальных сигналов в момент обнаружения ударных процессов;
- формирование выходного кадра в побайтовой структуре в виде квазипорядка и мантиссы;
- трансляция на Землю информации об ударных процессах по каналам медленно меняющихся параметров цифровых телеметрических систем.

Фрагменты измеряемых параметров представлены на рис. 1



а)



б)

Рис. 1. Фрагменты записей виброударов при отделении разгонного блока от датчика: а – осевого; б – радиального

Как уже было отмечено, для штатной эксплуатации космических аппаратов (КА) в центр управления полетами необходимо постоянная передача о так называемых быстроменяющихся процессах (БМП) происходящих на борту КА [1, 5, 14]. На основании проведенного анализа и результатов запусков КА, был выработан следующий принцип построения бортовых аппаратно-программных средств по сбору, преобразованию, обработке, анализу и передачи информации по БМП [8-11].

По всем БМП вычисляются характеристики, необходимые для оперативной оценки. Вычисленные характеристики передаются на землю. По возможности

так же передается непосредственная запись. Одновременно с процедурой вычисления, используется устройство для обнаружения всех штатных и нештатных ситуаций на борту изделия [2-4].

К штатным ситуациям можно отнести: разделение ступеней, сброс переходников, запуск двигателей. Все штатные воздействия обрабатываются и сравниваются с заданными нормами. При превышении норм устройство действует следующим образом: определяет место, где появилось первым нештатное воздействие; передает предупреждающий сигнал; формирует поток процессов БМП с нештатным воздействием для передачи на землю. Для оперативной оценки вибрационного состояния отдельных узлов необходимо непрерывно вычислять следующие характеристики измеряемого параметра  $x$ :

– среднее значение  $m_x = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X_n$ , где  $X_n$  – отсчет измеренного сигнала  $X(t)$  в точке  $n$ ;  $N$  – количество отсчетов.

С помощью среднего значения  $X_n$  можно выделить различные воздействия, значительно превышая диапазон измерения.

– среднеквадратичное отклонение  $\sigma_x = \frac{1}{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} (X_n - m_x)^2$ .

Среднеквадратичное отклонение  $\sigma_x$  позволяет оценивать колебательную составляющую измеренного сигнала, что особенно важно при появлении тренда или скачкообразного изменения характера сигнала.

– максимальное  $Max_x$  и минимальное  $Min_x$  значения

$$Max_x = \max\{(x_1 - m_x) \dots (x_n - m_x)\}, \text{ при } n = 0 \dots N - 1$$

$$Min_x = \min\{(x_1 - m_x) \dots (x_n - m_x)\}, \text{ при } n = 0 \dots N - 1$$

С помощью  $Max$  и  $Min$  значений оцениваются пиковые вибронагрузки на тот или иной агрегат или узел.

– амплитудные или спектральные характеристики.

Для вычисления спектральных характеристик виброакустических процессов используются 2 метода [6, 7]:

- 1) Метод быстрого преобразования Фурье (БПФ);
- 2) Метод фильтрации.

При использовании метода БПФ, определяются коэффициенты Фурье:

$$A(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X_n \cos \frac{2\pi kn}{N}; B(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X_n \sin \frac{2\pi kn}{N}, \text{ где } X_n = X_n - m_x$$

$$\text{Спектр мощности: } G_{см}(k) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M [A^2(k) + B^2(k)], \text{ где } M$$

– частота реализаций.

$$\text{Спектральная плотность мощности: } G_{см}(k) = \frac{G_{см}(k)}{\Delta f}, \text{ где } \Delta f \text{ – полоса}$$

частот.

$$\text{Спектр мощности: } A(k) = \sqrt{G_{см}(k)}$$

При использовании метода фильтрации прежде всего реализуется цифровая рекурсивная фильтрация в заданных полосах частот с помощью полосовых фильтров Баттерворда второго порядка [12-14]:

$$y_k(n) = A_{0k} X_{n-2} + A_{2k} X_{n-1} + A_{2k} X_n + B_{0k} y_{n-2} + B_{1k} y_{n-1}$$

где  $X_n$  – входной массив данных;  $y_n$  – выходной массив данных;  $A_{0k}$ ,  $A_{1k}$ ,  $A_{2k}$ ,  $B_{0k}$ ,  $B_{1k}$  – коэффициенты фильтра, рассчитанные в соответствии с заданными характеристиками  $k$ -того фильтра;  $k$  – номер фильтра.

Далее на базе полученных массивов отфильтрованных данных производится вычисление следующих характеристик:

Амплитудный спектр:

$$A(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y_k(n)$$

Амплитудный спектр максимальных значений:

$$A(k)_{max} = \max\{y_k(1) \dots y_k(N)\}$$

Спектр мощности:

$$G_{см}(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y_k^2(n)$$

Спектральная плотность мощности

$$G_{см}(k) = \frac{1}{N \Delta f} \sum_{n=1}^N y_k^2(n)$$

Для улучшения анализа данных, были продуманы дополнительные возможности предоставляемые работой системы:

– обработка данных в реальном масштабе времени, для принятия оперативных мер по предотвращению последствий нештатных ситуаций (в ручном и автоматическом режимах);

– одновременный опрос датчиков с привязкой по времени (позволяет сравнивать показания датчиков в одном промежутке времени, для более точного определения места нештатного воздействия);

– одновременный расчет порядка в двух областях (положительной и отрицательной), в случае несимметричного сигнала (относительно нулевого уровня);

– предсказание развития сигнала на основании его производной;

– дополнительное сокращение передаваемых данных достигается за счет передачи данных в виде экспоненциальной формы, что позволяет сократить объем в 2 раза. В этом случае передаваемые данные несут информацию о максимальных значениях спектра, что позволяет получить необходимое понимание о происходящих процессах.

Результаты обработки и передачи получаемых данных позволяют использовать бортовую обработку для решения нескольких задач: вибромониторинг – передача данных для анализа; вибродиагностика – расчет параметров и анализ на предмет выхода за пределы допустимых значений; аварийная защита двигателя КА – предотвращение неисправностей за счет перевода работы двигателя в другой режим или полного отключения в случае наличия резервного двигателя.

Создание подобной интеллектуальной бортовой системы позволит перейти на более качественный уровень в оценке состояния объекта и принятии оперативных мер при возникновении нештатных ситуаций. Применение данной системы не ограничивается лишь космическими технологиями, она может быть применена в любых системах обладающих вибрацией при работе.

Таким образом, рассмотрены и проанализированы основные требования, предъявляемые к устройствам сбором и обработкой быстроменяющихся процессов на борту ракетно-космической техники. Показано, что современное бортовое устройство должно иметь: возможность многоканальной обработки, высокое быстродействие, большую разрядность, малые габариты и малый вес, малое энергопотребление. Рассмотрены и проанализированы вопросы, связанные с анализом требований к построению бортовых аппаратно-программных средств по сбору и обработкой быстроменяющихся процессов на борту ракетно-космической техники.

Данная работа выполнена в рамках НИР «Проектирование сетей», проводимая в ГБОУВО МО «Технологический университет» под руководством д.т.н., профессора Артюшенко В.М.

#### *Библиографический список*

1. Артюшенко, В. М. Анализ систем управления космическим летательным аппаратом [Текст] / В.М. Артюшенко, М.И. Видов // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2011. – №1. С.18-29.

2. Артюшенко, В. М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех [Текст] / В.М. Артюшенко: монография. – Королев МО: Изд-во «Канцлер», 2014. – 298 с.

3. Артюшенко, В. М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов [Текст] / В. М. Артюшенко: монография, ФГБОУ ВПО ФТА, – М., 2013. – 314 с.

4. Артюшенко, В. М.. Особенности резервирования источников бесперебойного питания компьютерного и телекоммуникационного оборудования [Текст] / В. М. Артюшенко, Т.С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2007. Т.3. №3. С.20 – 23.

5. Артюшенко, В. М. Современные направления развития корпоративных сетей спутниковой связи [Текст] / В. М. Артюшенко, Т.С. Аббасова, Б. А. Кучеров // Двойные технологии. – 2014. – №3(68). – С.67–72.

6. Артюшенко, В. М. Анализ параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от протяженного объекта [Текст] / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Известия высших учебных заведений. Приборостроение, 2012. Т.55, №9. С.62 – 66.

7. Артюшенко, В. М. Экспериментальное исследование параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от протяженного объекта [Текст] / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2012, №3. С.17 – 24.

8. Артюшенко, В. М. Информатизация управления группировкой космических аппаратов [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Прикладная информатика. – 2013. – № 6 (48). – С. 6-14.

9. Артюшенко, В. М. Повышение оперативности бесконфликтного управления группировкой космических аппаратов в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – Т. 9. № 3. – С. 59–66.

10. Артюшенко, В. М. Организация информационного обмена между элементами наземного комплекса управления группировкой космических аппаратов [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Прикладная информатика. – 2014. – №1(49). – С.33–43.

11. Артюшенко, В. М. Роль информатизации в повышении оперативности распределения средств управления космическими аппаратами [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2014. – №4(157). – С.67–72.

12. Артюшенко, В. М. Оценка влияния помех от радиоэлектронных систем на беспроводные устройства малого радиуса действия с блоковым кодированием [Текст] / В. М. Артюшенко, В.А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. Т.6. №4. С.3 – 6.

13. Артюшенко, В. М. Цифровое сжатие видеoinформации и звука [Текст] / В. М. Артюшенко, О. И. Шелухин, М. Ю. Афонин: Учебное пособие / Под ред. В.М. Артюшенко. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К<sup>о</sup>», 2003. – 426 с.

14. Артющенко, В. М. Сбор и обработка виброакустических процессов на борту ракетно-космической техники [Текст] / В. М. Артющенко, В.А. Бекетов, С.В. Кузьмин, А.Ю. Майданов, А.П. Мороз, В.И. Привалов // Приволжский научный вестник. – 2014. – №4. – С.23–28.

15. Артющенко, В. М. Электротехнические системы жизнеобеспечения зданий на базе технологий VASnet [Текст] / В. М. Артющенко, О.Д. Шелухин / Монография / Под ред. д.т.н., проф. В.М. Артющенко, – М., ГОУ ВПО «МГУС», – 2006. – 138 с.

16. Артющенко, В. М. Схемы подключения управляющего и измерительного оборудования в системах автоматизации и жизнеобеспечения зданий [Текст] / В. М. Артющенко, В.А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2009. Т.5. №3. С.3 – 11.

17. Советов, В. М. Основы функционирования систем сервиса: учебное пособие [Текст] / В. М. Советов, В. М. Артющенко – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, – 2010. – 624 с.

18. Artyushenko V.M. Statistical Characteristics of Envelope Outliers Duration of non-Gaussian Information Processes / V.M. Artyushenko, V.I. Volovach // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). Rostov-on-Don, Russia, September 27–30, 2013. – Kharkov: KNURE, 2013.P. 137-140.

© Кокорев С. А., Кузькин Н. А., 2015

УДК 681.5

**В. П. Кривошеев\***

*\*Кривошеев Владимир Петрович*

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
vladimir.krivosheev@vvsu.ru*

**Д. А. Колобенков\***

*\*Колобенков Дмитрий Андреевич, студент*

*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток  
kolobenkov92@mail.ru*

**Н. В. Терещенко\***

*\*Терещенко Наталья Васильевна, д.т.н., старший преподаватель*

*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток  
anufriev.av@dvfu.ru*

**А. В. Ануфриев\***

*\*Ануфриев Александр Вячеславович, ассистент*

*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток  
anufriev.av@dvfu.ru*

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЭТИЛЕНОВОЙ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ**

*Ключевые слова: компьютерное моделирование, Aspen Hysys, параметрический синтез, ректификационная колонна.*

*Решается задача моделирования динамических характеристик сложной ректификационной колонны на основе программного продукта Aspen Hysys. При этом выполняется параметрический синтез некоторых локальных систем стабилизации, необходимых для компьютерного моделирования.*

Компьютерное моделирование химико-технологических систем к настоящему времени полностью доказало свою актуальность и перспективность. С его помощью удается повысить эффективность и качество функционирования химико-технологических систем и управления технологическими процессами. Сущность методологии компьютерного моделирования состоит в замене исходного технологического объекта его «образом» - математической моделью – и в дальнейшем изучении модели с помощью реализуемых на компьютерах вычислительно-логических алгоритмов [1].

В данной работе для моделирования динамических характеристик этиленовой ректификационной колонны (ЭРК) по каналам передачи воздействий режимных параметров ЭРК на температуру контрольной тарелки используется Aspen Hysys [2]. Данная система предназначена для расчета стационарных и динамических режимов работы технологических устройств и аппаратов, преимущественно применяемых в химической и нефтяной промышленности. Встроенные пакеты расчета свойств моделируемых объектов, позволяют Hysys обеспечивать надежные результаты при исследовании параметров смесей уг-

леводородов и не углеводородных сред, применяемых в нефтехимической и химической промышленности.

Модель ЭРК (рис. 1) представляет собой колонну с двумя циркуляционными орошениями L и M, а так же верхним (продуктовым) и нижним боковыми отборами (A и B соответственно). Дистиллят D отводится из флегмовой емкости в виде пара. Давление в колонне поддерживается посредством сброса паров из флегмовой емкости. Уровни в кубовом ребойлере и флегмовой емкости поддерживаются соответственно путем отвода кубового продукта W и подачи орошения в колонну.

Данные для моделирования динамики ЭРК приведены в таблицах 1 – 3.

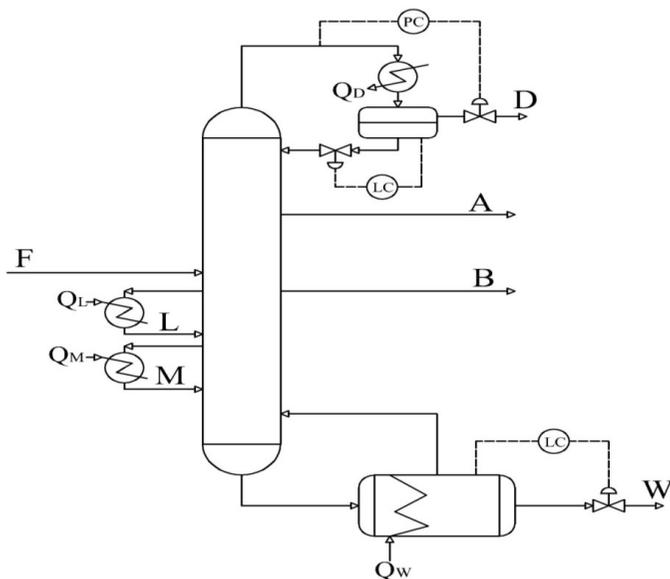


Рис. 1. Этиленовая ректификационная колонна

Таблица 1

**Конструктивные и режимные параметры колонны**

Наименование	Значение
Давление на верху колонны, МПа изб.	1,664
Давление низа колонны, МПа изб.	1,774
Число тарелок N	207
Тип тарелок	ситчатые
Тип конденсатора	парциальный
Номер тарелки питания (снизу)	51
Температура питающей смеси $T_F$ , °C	минус 28,1

Диаметр колонны, м	6,5
Высота конденсатора, м	11,0
Диаметр конденсатора, м	4,811
Высота кубового ребойлера, м	6,592
Диаметр кубового ребойлера	4,395

Таблица 2

**Состав питающей смеси**

Компонент	Концентрация компонента, мольн. доля	Концентрация компонента, мас. доля
Водород (i=1)	0,0002	0,0000143
Метан (i=2)	0,0019	0,0010800
Этилен (i=3)	0,8679	0,8605359
Этан (i=4)	0,1295	0,1376288
Пропилен (i=5)	0,0005	0,0007440

Таблица 3

**Параметры для расчета базового режима**

Параметр	Величина
Верхнее ЦО, кг/ч	144298
Нижнее ЦО, кг/ч	104437
Нижний боковой отгон, кг/ч	22881
Мощность верхнего бокового ребойлера, КВт	13427
Мощность нижнего бокового ребойлера, КВт	9868
Флегмовое число	197
Расход продуктового потока, кг/ч	178819
Расход дистиллята, кг/ч	3500

Для синтеза системы управления ЭРК, обеспечивающей максимальный отбор этилена требуемого качества, необходимо иметь динамические характеристики колонны по каналам передачи воздействий основных параметров на температуру контрольной тарелки. В результате моделирования статических режимов ЭРК определен номер контрольной тарелки (23 снизу) и зависимости между параметрами процесса в оптимальных режимах [3].

Важным этапом в процессе моделирования динамических характеристик сложных объектов (например ЭРК) в программе Aspen Hysys является параметрический синтез локальных систем управления, в процессе которого определяются оптимальные настроечные параметры регуляторов. В данной работе определены оптимальные настроечные параметры ПИ-регуляторов систем стабилизации уровня во флегмовой емкости, давления в колонне и уровня в ребойлере. Параметрический синтез выполнен методом расширенных амплитудно-фазовых характеристик (РАФХ) [4]. Сущность данного метода состоит в том, что строится РАФХ объекта по каналу управления и на линии заданного запаса устойчивости выбираются настройки регулятора, обеспечивающие,

например, минимальное значение квадратичной интегральной оценки. Результаты параметрического синтеза приведены на рисунках 2 – 4 и в таблицах 5 – 10. Запас устойчивости системы обеспечен значением степени колебательности  $m = 0,221$ .

Таблица 5

**Передаточные функции объекта управления уровнем во флегмовой емкости по каналам управления и возмущения**

Канал	Передаточная функция
Возмущения	$W_{ОВ} = \frac{0,04}{0,75S + 1} \left[ \frac{М}{М^3 / \text{час}} \right]$
Управления	$W_{ОУ} = \frac{11}{0,75S + 1} \left[ \frac{М}{М^2} \right]$

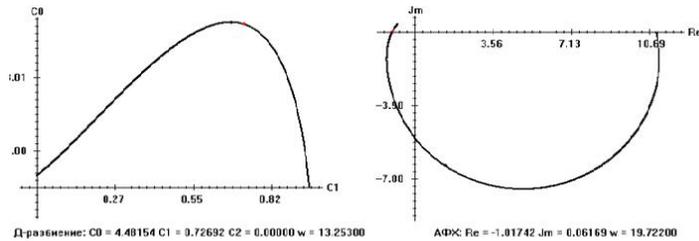


Рис. 2. Результаты параметрического синтеза системы стабилизации уровня во флегмовой ёмкости

Таблица 6

**Оптимальные настроечные параметры ПИ-регулятора в системе управления уровнем во флегмовой емкости**

Параметр	$K_{П} = C1$	$K_{И} = C0, 1/\text{час}$
Значение	0,727	4,482

Таблица 7

**Передаточные функции объекта регулирования давления в верху колонны по каналам управления и возмущения**

Канал	Передаточная функция
Возмущения	$W_{ОВ} = \frac{0,294}{0,294S + 1} \left[ \frac{\text{час}}{М^2} \right]$
Управления	$W_{ОУ} = \frac{40,517}{0,294S + 1} \left[ \frac{кг}{М^4} \right]$

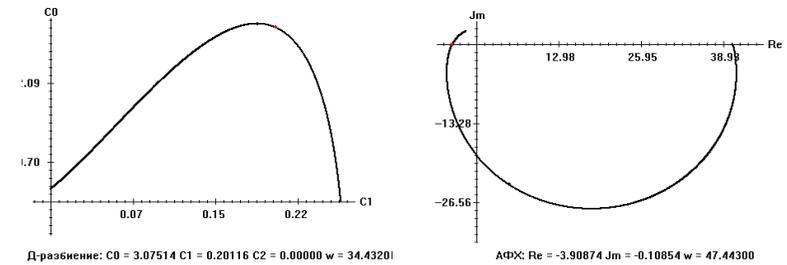


Рис. 3. Результаты параметрического синтеза системы стабилизации давления вверху колонны

Таблица 8

**Оптимальные настроечные параметры ПИ-регулятора в системе управления давлением вверху колонны**

Параметр	$K_{П} = C1$	$K_{И} = C0, 1/\text{час}$
Значение	0,201	3,075

Таблица 9

**Передаточные функции объекта регулирования уровня в ребойлере по каналам управления и возмущения**

Канал	Передаточная функция
Возмущения	$W_{ОВ} = \frac{0,044}{1,333S + 1} \left[ \frac{М}{М^3 / \text{час}} \right]$
Управления	$W_{ОУ} = \frac{9,298}{1,333S + 1} \left[ \frac{М}{М^2} \right]$

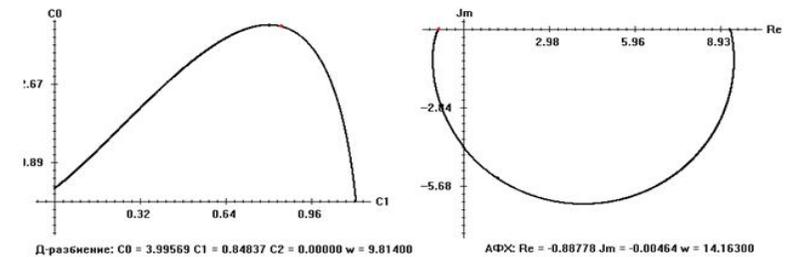


Рис. 4. Результаты параметрического синтеза системы стабилизации уровня в ребойлере

Таблица 10  
**Оптимальные настроечные параметры ПИ-регулятора в системе управления уровнем в ребойлере**

Параметр	$K_{PI} = C1$	$K_{I} = C0, 1/\text{час}$
Значение	0,848	3,996

В процессе моделирования динамических характеристик ЭРК были получены графики переходных процессов при изменении на + 5% от базовых значений для: расхода питания, верхнего бокового отбора, нижнего бокового отбора, тепловой нагрузки в куб колонны. При этом остальные режимные параметры закрепились на базовых значениях.

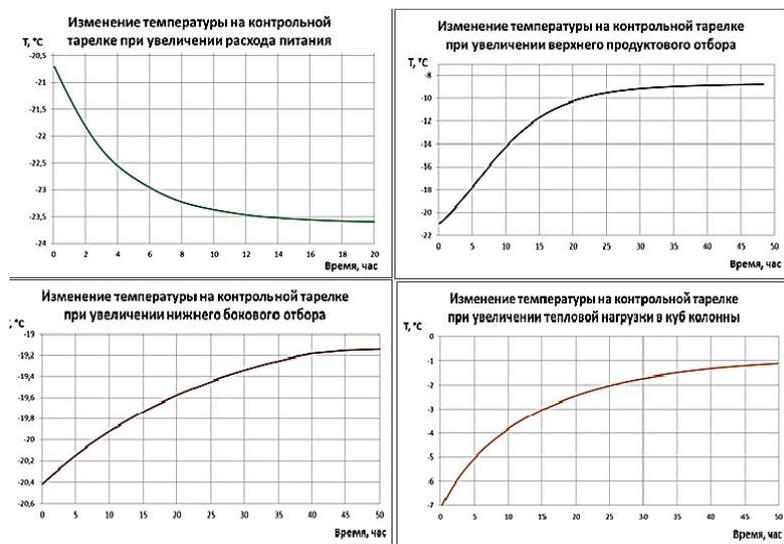


Рис. 4. Изменение температуры на контрольной тарелке при изменении режимных параметров процесса

Таким образом, в результате выполненной работы получены динамические характеристики, позволяющие в последующем выполнить параметрический синтез системы оптимального управления ЭРК, обеспечивающей максимизацию отбора целевого продукта.

#### Библиографический список

1. Леонтьев, В. С. Компьютерное моделирование процессов ректификации / В. С. Леонтьев // Химическая промышленность. – 2005. – Т.82, № 7. – С. 334 – 346.

2. Aspen HYSYS 3.2 [Электронный ресурс] / Разработчик : Aspen technology Inc. Режим доступа: <http://www.aspentech.com/products/aspenone-engineering/>.

3. Кривошеев В.П., Никифорова К.Е., Ануфриев А.В., Кан Б.А. Исследование оптимальных статических режимов сложной ректификационной колонны для получения этилена. Современные проблемы науки и образования - № 6 – 2013. URL: [www.science-education.ru/113-11210](http://www.science-education.ru/113-11210)

Стефани Е.П. Основы настройки регуляторов теплоэнергетических процессов.- М.:Энергия, 1972.

© Кривошеев В. П., Колобенков Д. А., Терещенко Н. В., Ануфриев А. В., 2015

УДК 621.396

**И. В. Кузнецов\***

\*Кузнецов Игорь Васильевич, к.т.н., доцент

Уфимский государственный авиационный технический университет

tko@ugatu.ac.ru

**П. Е. Филатов\***

\*Филатов Павел Евгеньевич, старший преподаватель

Уфимский государственный авиационный технический университет

filatovpe@gmail.com

**ОБ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГРУППОВОГО КОДЕКА С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ИМПУЛЬСНО-КОВОДОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ**

*Ключевые слова:* дифференциально-импульсный кодек, многоканальная система передачи, координированный предсказатель, спектральная плотность мощности, оптимальная линейная система.

*Исследуется групповой дифференциально-импульсный кодек, позволяющий повысить пропускную способность многоканальных энергодефицитных систем передачи.*

Для передачи цифровых сообщений в многоканальных системах (в частности, для энергодефицитных систем) предлагается использование групповых кодеков с дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией (ДИКМ) сигналов [1]. Структурная схема n-канального группового кодека с ДИКМ (включающая соответственно кодирующее (а) и декодирующее устройство (б)) представлена на рисунке 1.

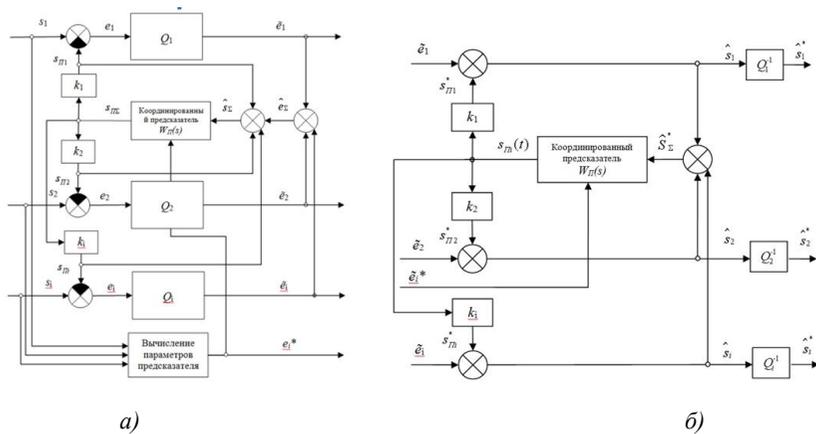


Рис. 1. Групповой ДИКМ кодек (а – кодек, б – декодер)

На вход схемы кодека поступают измеряемые сигналы  $s_i(t)$  ( $i = \overline{1, n}$ ). Линейный квантователь ( $Q_i$ )  $i$ -го канала осуществляет цифровое преобразование разностного сигнала  $e_i(t)$  ( $e_i(t) = s_i(t) - s_{mi}(t)$ , где  $s_{mi}(t)$  - предсказанное значение  $i$ -го сигнала). С выхода квантователей оцифрованные разностные сигналы  $\tilde{e}_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) поступают в канал связи. В приемной части осуществляется обратная процедура - преобразование цифрового сигнала в аналоговый, которая осуществляется с помощью канальных ЦАП ( $Q_i^{-1}$ ). Отличительной особенностью группового кодека ДИКМ является использование координированного предсказателя (описываемого передаточной функцией  $W_{II}(s)$ ) по отношению ко всем  $n$ -каналам многоканальной системы позволяющем уменьшить вычислительную мощность процессора обработки данных.

В работе [1] рассматривается синтез группового предсказателя для двухканального кодека с ДИКМ на основе решения задачи оптимальной фильтрации Винера-Хопфа. Получена формула для эквивалентной передаточной функции  $W(s) = \frac{W_{II}(s)}{1 - W_{II}(s)}$  координированного предсказателя

$$W(s) = \frac{A(s)}{1 - (k_1 A(s) W_{s1}(s) + k_2 A(s) W_{s2}(s))}, \tag{1}$$

$$\text{где } A = \frac{1}{\left[ (k_1 k_1^- + k_2 k_2^-) (\Phi_{11} W_{s1} W_{s1}^- + \Phi_{12} W_{s1} W_{s2}^- + \Phi_{21} W_{s2} W_{s1}^- + \Phi_{22} W_{s2} W_{s2}^- + \Phi_N) \right]_+} \cdot \left[ \frac{-\Phi_{11} k_1^- W_{s1}^- - \Phi_{12} k_1^- W_{s2}^- - \Phi_{22} k_2^- W_{s2}^- - \Phi_{21} k_2^- W_{s1}^-}{\left[ (k_1 k_1^- + k_2 k_2^-) (\Phi_{11} W_{s1} W_{s1}^- + \Phi_{12} W_{s1} W_{s2}^- + \Phi_{21} W_{s2} W_{s1}^- + \Phi_{22} W_{s2} W_{s2}^- + \Phi_N) \right]_+} \right], \tag{2}$$

где  $k_1, k_2$  – статические коэффициенты передачи первого и второго каналов;

$\Phi_{ij}(s)$  ( $i, j = \overline{1, 2}$ ) – авто- и взаимно- спектральные плотности мощности (СПМ) соответствующих каналов;  $W_{1s}(s), W_{2s}(s)$  – передаточные функции экстраполяторов соответствующих каналов;  $\Phi_N(s)$  – совокупная СПМ ошибок квантования. В формулах (1,2) знаком  $\llcorner\llcorner$  обозначены комплексные сопряжения функций, символом  $[\bullet]_+$  обозначена сумма элементарных дробей, на которое раскладывается заключенное в квадратные скобки выражение, полюсы которых находятся в левой полуплоскости; символом  $[\bullet]_-$  – остальных элементарных дробей, полюсы которых находятся в правой полуплоскости. В выражении (2) комплексная переменная Лапласа  $s$  не приводится.

Решение задачи синтеза эквивалентной передаточной функции координированного предсказателя получено из условия минимума функционала вида

$$J(W(s)) = \sigma_1^2 + \sigma_2^2, \tag{3}$$

где  $\sigma_1^2, \sigma_2^2$  - дисперсии разностных сигналов  $e_1$  и  $e_2$ .

В процессе аналитического исследования кодера с ДИКМ было доказано утверждение:

**Утверждение.** Значение функционала (3) для коррелированных канальных сигналов  $J_{кор}$  не превышает его значения для некоррелированных канальных сигналов  $J_{не\ кор.}$ , т.е.

$$J_{кор.} \leq J_{не\ кор.} \quad (4)$$

С технической точки зрения утверждение (4) означает, что в случае коррелируемости канальных сигналов динамический диапазон разностных сигналов потенциально может уменьшиться. Последнее позволяет уменьшить скорость (потенциальную скорость) передачи данных с выхода группового кодера с ДИКМ при инвариантном объеме передаваемой информации или вероятность битовых ошибок на приеме.

Для оценки качества группового кодера с ДИКМ была разработана программа для его численного моделирования. Блок-схема программы изображена на рисунке 2. Алгоритм включает блоки вычисления разностных сигналов (error1, error2), подбор коэффициентов  $k_1, k_2$  (alpha1, alpha2), в блоке Predicted реализован координированный предсказатель.

Для оценки качества функционирования группового кодера с ДИКМ и для наглядности в качестве входных сигналов использовались линейно нарастающие и гармонические процессы [2]. При этом использовались как ортогональные, так и неортогональные гармонические сигналы с одной и несколькими базовыми частотами, с нулевым средним и/или постоянной составляющей.

Результаты моделирования приведены на рисунке 3. На рисунке 3 обозначены:  $S_1, S_2, error1, error2, R_1, R_2$  – соответственно входные, разностные и восстановленные сигналы первого и второго каналов кодера с ДИКМ.

В результате (как видно из рисунка 3) динамический диапазон и скорость передачи данные уменьшились в 3 раза. Время вычисления уменьшилось в два раза (для двух канального кодера ДИКМ) по сравнению с использованием одноканального кодера с ДИКМ.

#### Библиографический список

1. Кузнецов И.В., Филатов П.Е. Разработка группового кодера с дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией сигналов для многоканальных энергодефицитных систем передачи данных / Ю. В. Гуляев // Журнал "Радиотехника". – 2015. – № 2 – С.87-91
2. Кузнецов И.В., Филатов П.Е. Разработка группового ДИКМ кодера для спутниковых систем зондирования Земли / Проблемы техники и технологий телекоммуникаций. Оптические технологии в телекоммуникациях - XIV международная научно-техническая конференция. – Самара. – 2013. – С.387-389

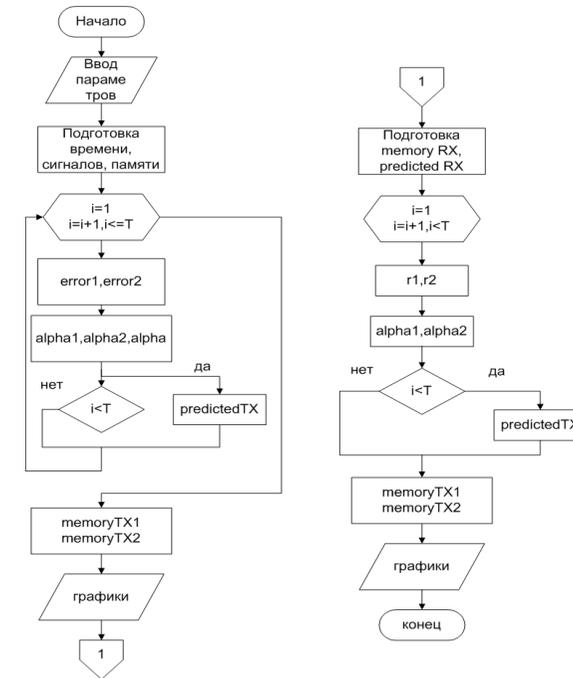


Рис. 2. Алгоритм программы моделирования кодера (а) и декодера (б)

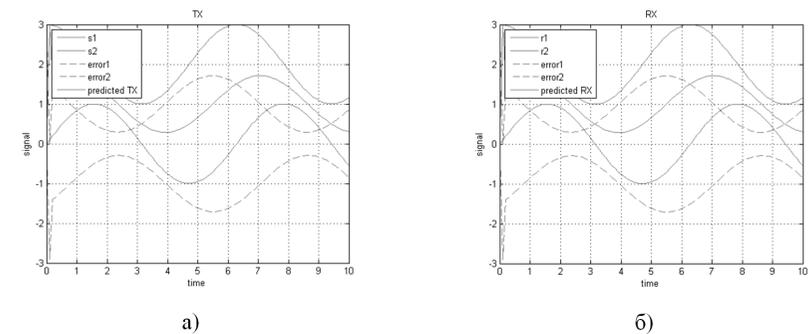


Рис. 3. Преобразования сигналов: а - сигналы на передатчике, б - сигналы на приёмнике

© Кузнецов И. В., Филатов П. Е., 2015

УДК 517.977.58

**А. Б. Кузьмичев\***

*\*Кузьмичев Алексей Борисович, к.т.н, доцент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*  
kuzmichev@mail.ru

**В. В. Рудаков\***

*\*Рудаков Всеволод Викторович, студент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*  
rudakoff.v@gmail.com

### ТЕХНОЛОГИЯ ИТЕРАЦИОННОГО ГРАФИЧЕСКОГО СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ В ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

*Ключевые слова: расписание, учебное заведение, проблемы составления расписания, алгоритм составления расписания.*

*Рассмотрен рекуррентный итерационный алгоритм свободно распространяемой автоматизированной технологии составления расписания занятий в учебном заведении.*

Теория расписания, которая лежит в основе данной работы является с одной стороны достаточно хорошо изученной и описанной во многих работах, начиная с 1960-х годов. Она в какой то степени широко используется как при организации работы производств и предприятий, так и применима для учебных заведений [1], [2], [3], [4].

Расписание занятий с точки зрения формализации в теории расписаний есть определение на шкале времени места проведения занятий по заданным дисциплинам обучения с выполнением предъявляемым к ним требованиям. Требования формируются участниками учебного процесса и руководящими документами.

Исходными составляющими данного процесса являются:

1. Р – потоки обучения, которые включают в свой состав от одной до нескольких групп обучения, или подгруппы, которые образуются за счет деления одной или нескольких групп на отдельные подразделения.

2. Т — преподаватели, являющиеся основным механизмом воздействия на потоки обучения. В отличие от классических подходов в теории расписания (один механизм - одна операция) в данной ситуации могут быть ситуации, когда несколько преподавателей могут объединяться в один «механизм» для проведения занятия.

3. D – дисциплины обучения, основой которой является тематический план обучения, включающий различные типы занятий.

4. А — аудитории, являющиеся местом для проведения занятий (выполнения операции). Во многих существующих теориях и системах, реализующих составление расписания, данный участник выносится из общей задачи с целью упрощения системы.

То есть для составления расписания должны быть определены:

- Дисциплины и занятия по ним - основой является тематический план изучения дисциплины.

- Преподаватели и аудитории для проведения занятий. В большинстве случаев по всем занятиям в тематическом плане определены преподаватели (жесткая привязка) и возможные аудитории (плавающая привязка).

- Порядок прохождения занятий. В настоящее время данный пункт при составлении расписания занятий опускается на основе допустимого предположения, что при усвоении материалов дисциплины он не является критичным. То есть с точки зрения составления расписания порядок проведения занятий будет являться случайным.

- Критерий оценки расписания — некоторый параметр, вычисляемый по полученному расписанию, показывающий его оптимальность с заданных точек зрения. Для учебного процесса критерием оценки расписания выступает многопараметрическая функция, включающая как дискретные обязательные требования, так и рекомендуемые оптимизационные требования. Во многих работах данная функция является определяющей с точки зрения составления оптимального расписания. В качестве ее часто используют функцию суммы штрафов, позволяющей достаточно просто оценить оптимальность составленного расписания.

В предлагаем варианте составления расписания достаточно задать первые два пункта. Четвертый пункт (критерий оценки) реализуется на основе опыта операторов при составлении расписания.

При этом наиболее важным моментом для автоматизации является создание такого подхода, который бы позволял оператору делать расписание по выбранным занятиям за минимальное время с контролем на уровне программы или оператором визуально за выполнением заданных требований. Фактически в данном случае решение задачи сводится к поиску наилучшего интерфейса работы программы и является чисто инженерной задачей.

Для облегчения работы оператора предлагается использовать следующий интерфейс программы, представленный на рис. 1. Данный интерфейс предполагает выбор по заданным критериям последовательно для планирования занятий тематические планы. При этом система автоматически предлагает выбрать необходимые потоки и группы для планирования.

В результате выбора нужного тематического плана система выводит на экран список планируемых занятий и сетку расписания по данному преподавателю, группе (потоку) и аудитории в виде сводного отчета (шахматки) в применении графических примитивов для лучшего восприятия данных с экрана компьютера (рис. 2).

При данном подходе оператор видит сразу свободные и занятые занятия по участникам процесса планирования:

1. Белый фон — свободные пары для планирования.
2. Голубой фон — группа (поток) занят на данную пару.
3. Красный фон — преподаватель занят на данную пару.
4. Пурпурный фон — группа (поток) и преподаватель заняты на данную пару.
5. Черный фон — пары недоступны для планирования.

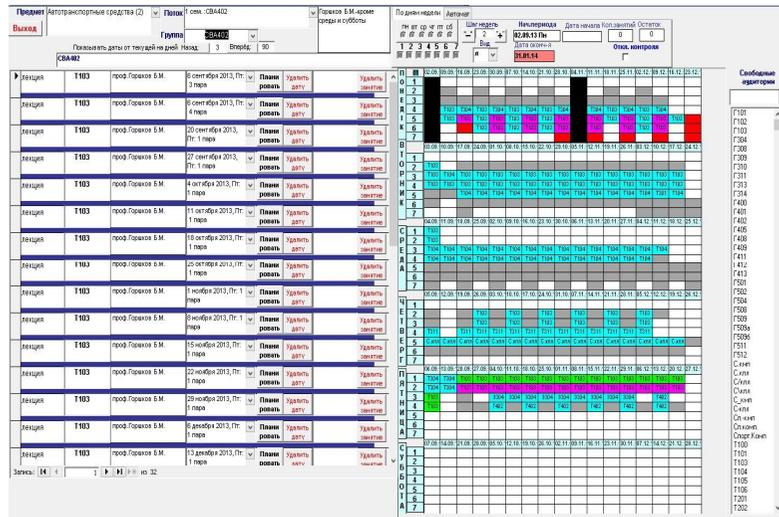


Рис. 1. Форма для планирования расписания занятий

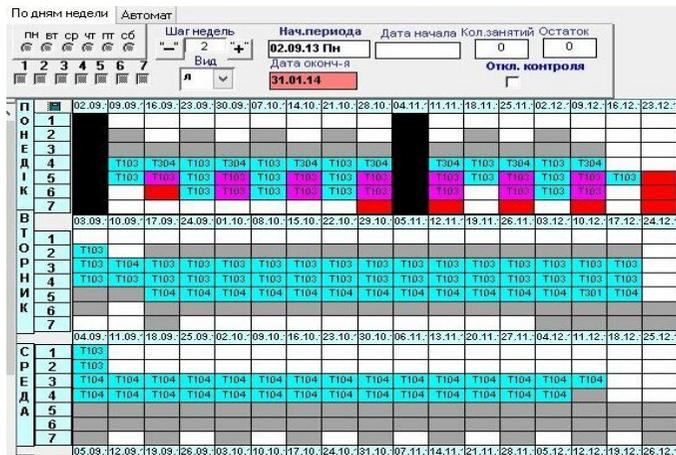


Рис. 2. Форма графического планирования расписания занятий

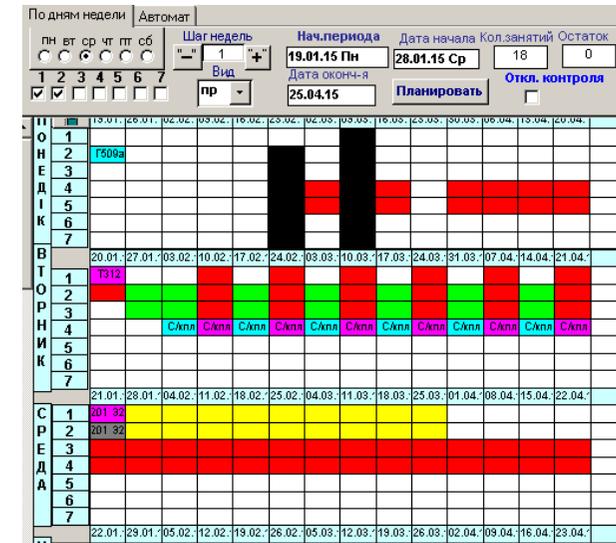


Рис. 3. Пример графического планирования занятий

6. Серый фон — аудитория занята на данную пару.  
 При этом процесс планирования для данного интерфейса заключается в выборе начальной пары для планирования выбранных занятий (по видам занятий). Система проверяет после выбора возможность планирования и ищет возможность запланировать данные занятия в существующей сетке занятий. Найденное решение подсвечивается желтым фоном ячейки (рис. 3).

Если решение найдено (даже частичное) то становится активной кнопка «Планировать». При нажатии на нее занятие заносится в сетку расписания и подсвечивается зеленым фоном. При реализации предлагаемого подхода используется итерационный подход [5], [6]. То есть при составлении расписания после каждой дисциплины выполняется повторное ранжирование работ.

При реализации предлагаемого подхода используется итерационный подход [5], [6]. То есть при составлении расписания после каждой дисциплины выполняется повторное ранжирование работ.

Составленное таким образом расписание занятий по данному алгоритму будет являться лишь частично оптимальным. Но в большинстве случаев современных подходов к составлению расписания занятий полученное расписание есть некий компромисс при проведении занятий, полученный на основе опыта операторов и требований, предъявляемых к проведению занятий.

**Выводы**

Предложена технология графического составления расписания занятий в учебном заведении на основе итерационного алгоритма планирования.

Предложенный алгоритм частично реализован и является открытым для использования и развития [5]. Полученная реализация внедрена и прошла апробацию в нескольких учебных заведениях [6].

*Библиографический список*

1. Теория расписаний и вычислительные машины. Под ред. Э.Г. Коффмана. - М.: Наука, 1984.

2. Конвей Р. В., Максвелл В. Л., Миллер Л. В. Теория расписаний.- М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва "Наука", 1975.
3. Кузьмичев А.Б. Программа составления расписания занятий в учебном заведении [Электронный ресурс]. -2014. – Режим доступа: [http://kuzmichev.chat.ru/Free\\_rasp.zip](http://kuzmichev.chat.ru/Free_rasp.zip), свободный. Загл. с экрана.
4. Расписание занятий для дневного отделения ПВГУС [Электронный ресурс]. -2014. – Режим доступа: <http://www.tolgas.ru/studcentr/new>, свободный. Загл. с экрана.
5. «О подходе к автоматизации составления расписания в учебном заведении» Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013): труды Международной научно-технической конференции Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013.
6. «Рекуррентный итерационный алгоритм планирования Расписания занятий в учебном заведении» Международная научно-практическая конференция «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ФГБОУ ВПО "Уфимский государственный нефтяной технический университет", 2014.

© Кузьмичев А. Б., Рудаков В. В., 2015

УДК 517.977.58

**А. Б. Кузьмичев\***

*\*Кузьмичев Алексей Борисович, к.т.н, доцент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
kuzmichev@mail.ru*

**В. В. Рудаков\***

*\*Рудаков Всеволод Викторович, студент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
rudakoff.v@gmail.com*

## МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКАЯ АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*Ключевые слова: расписание, учебное заведение, СУБД, MVC, JavaFX, Hibernate.*

*Рассмотрена архитектура информационной системы для составления расписания в учебном заведении.*

В настоящее время в Поволжском государственном университете сервиса составление расписания учебных занятий выполняется в архитектуре с файлом-сервером на основе локальной СУБД MS-Access 2003. В данной архитектуре при превышении определенного количества пользователей или объема обрабатываемых данных происходит резкое снижение производительности обработки данных в системе.

Для решения данной проблемы необходимо коренным образом перестроить архитектуру данной системы. На основе рассмотрения существующих архитектур построения информационных систем была разработана новая архитектура системы расписания занятий. Данная архитектура представлена на рис. 1.

В данной архитектуре за основу взята многозвенная обработка данных на платформе языка Java. Рассмотрим подробнее компоненты предлагаемой архитектуры:

1. В качестве систем хранения данных выступает SQL-сервер, при этом производителя сервера можно выбрать любого исходя из соображений стоимости, производительности и т.д. Это объясняется тем, что далее устанавливается промежуточное ПО, выполняющее преобразование реляционной модели в объектную модель. В качестве промежуточного ПО предлагается использовать библиотеку Hibernate. Данная библиотека для языка программирования Java, предназначена для решения задач объектно-реляционного отображения (object-relational mapping — ORM). Целью Hibernate является освобождение разработчика от значительного объема сравнительно низкоуровневого программирования по обеспечению хранения объектов в реляционной базе данных. Разработчик может использовать Hibernate как в процессе проектирования системы классов и таблиц «с нуля», так и для работы с уже существующей базой данных.

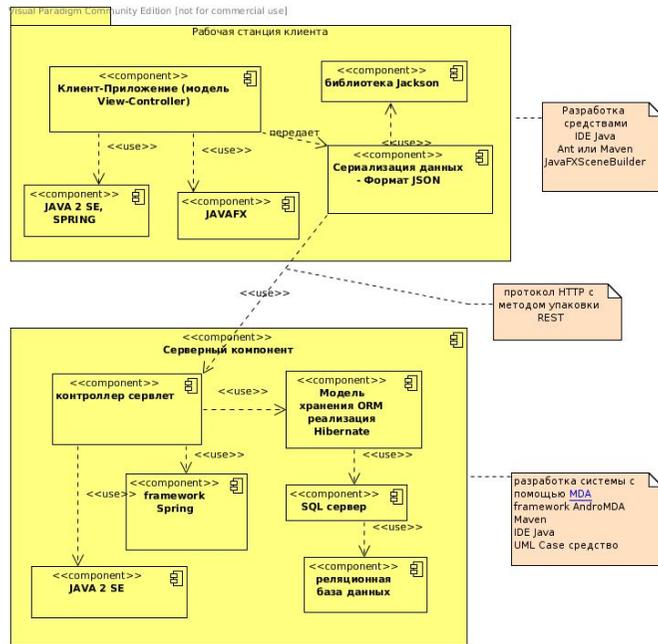


Рис.1. Архитектура информационной системы составления расписания

Hibernate не только решает задачу связи классов Java с таблицами базы данных (и типов данных Java с типами данных SQL), но и также предоставляет средства для автоматической генерации и обновления набора таблиц, построения запросов и обработки полученных данных и может значительно уменьшить время разработки, которое обычно тратится на ручное написание SQL- и JDBC-кода. JDBC (англ. Java DataBase Connectivity — соединение с базами данных на Java) — платформенно-независимый промышленный стандарт взаимодействия Java-приложений с различными СУБД, реализованный в виде пакета `java.sql`, входящего в состав Java SE.

Hibernate автоматизирует генерацию SQL-запросов и освобождает разработчика от ручной обработки результирующего набора данных и преобразования объектов, максимально облегчая перенос (портирование) приложения на любые базы данных SQL.

Mapping (сопоставление, проецирование) Java-классов с таблицами БД осуществляется с помощью конфигурационных XML-файлов или Java-аннотаций. При использовании файла XML Hibernate может генерировать скелет исходного кода для классов длительного хранения (persistent). В этом нет необходимости, если используется аннотация. Hibernate может использовать файл XML или аннотации для поддержки схемы базы данных.

Обеспечиваются возможности по организации отношения между классами

«один-ко-многим» и «многие-ко-многим». В дополнение к управлению связями между объектами Hibernate также может управлять рефлексивными отношениями, где объект имеет связь «один-ко-многим» с другими экземплярами своего собственного типа данных [1].

Коллекции объектов данных, как правило, хранятся в виде коллекций Java-объектов, таких, как набор (Set) и список (List). Поддерживаются обобщенные классы (Generics), введены в Java 5. Hibernate может быть настроен на «ленивые» (отложенные) загрузки коллекций. Отложенные загрузки является вариантом по умолчанию, начиная с Hibernate 3 [1]. Hibernate обеспечивает использование SQL-подобного языка Hibernate Query Language (HQL), который позволяет выполнять SQL-подобные запросы, записанные рядом с объектами данных Hibernate. Запросы критериев предоставляются как Объектно-ориентированная альтернатива к HQL [1].

2. Обработку данных предлагается выполнять на основе шаблона MVC, реализованного на основе фреймворка Spring и сервлета на основе языка Java. Model-view-controller (MVC, «модель-представление-контроллер», «модель-вид-контроллер») — схема использования нескольких шаблонов проектирования, с помощью которых модель приложения, пользовательский интерфейс и взаимодействие с пользователем разделены на три отдельных компонента таким образом, чтобы модификация одного из компонентов оказывала минимальное воздействие на остальные. Концепция MVC позволяет разделить данные, представление и обработку действий пользователя на три отдельных компонента:

- Модель (англ. Model). Модель предоставляет знания: данные и методы работы с этими данными, реагирует на запросы, изменяя своё состояние. Не содержит информации, как эти знания можно визуализировать.

- Представление, вид (англ. View). Отвечает за отображение информации (визуализацию). Часто в качестве представления выступает форма (окно) с графическими элементами.

- Контроллер (англ. Controller). Обеспечивает связь между пользователем и системой: контролирует ввод данных пользователем и использует модель и представление для реализации необходимой реакции[2].

3. Реализацию пользовательского интерфейса и до полнительную обработку данных предлагается выполнять на рабочей станции клиента. В качестве реализации клиентского приложения предлагается использовать язык программирования Java с использованием фреймворка JavaFX. Приложения JavaFX создаются с помощью декларативного языка программирования JavaFX Script. Для разработки приложений на языке JavaFX Script необходимо установить JavaFX SDK, который входит в поставку с Java SE 7. Из кода, написанного на языке JavaFX Script, можно обращаться к любым библиотекам Java. Поэтому совместное использование языков Java и JavaFX Script позволяет решать разнообразные задачи, например, логика бизнес-приложения может быть написана на Java, а графический интерфейс пользователя — на JavaFX Script.[3].

4. Обмен данными между клиентом и сервером предлагается выполнять на основе протокола HTTP с методом упаковки REST. **REST** (сокр. от англ.

**Representational State Transfer** — «передача состояния представления») — метод взаимодействия компонентов распределённого приложения в сети Интернет, при котором вызов удаленной процедуры представляет собой обычный HTTP-запрос (обычно GET или POST; такой запрос называют *REST-запрос*), а необходимые данные передаются в качестве параметров запроса.[4].

Сериализация данных при передаче по сети предлагается выполнять в формате JSON. **JSON** (англ. *JavaScript Object Notation*) — текстовый формат обмена данными, основанный на JavaScript и обычно используемый именно с этим языком. Несмотря на происхождение от JavaScript (точнее, от подмножества языка стандарта ECMA-262 1999 года), формат считается языконезависимым и может использоваться практически с любым языком программирования. Для многих языков существует готовый код для создания и обработки данных в формате JSON. В качестве библиотеки реализующей JSON предлагается использовать Jackson.

#### Библиографический список

1. Hibernate. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Hibernate>
2. MVC. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Model-View-Controller>
3. JavaFX. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/JavaFX>
4. HTTP. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/HTTP>
5. JSON. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/JSON>
6. Кузьмичев А.Б. Программа составления расписания занятий в учебном заведении [Электронный ресурс]. -2014. – Режим доступа: [http://kuzmichev.chat.ru/Free\\_rasp.zip](http://kuzmichev.chat.ru/Free_rasp.zip), свободный. Загл. с экрана.
7. Расписание занятий для дневного отделения ПВГУС [Электронный ресурс]. -2014. – Режим доступа: <http://www.tolgas.ru/studcentr/new>, свободный. Загл. с экрана.
8. «О подходе к автоматизации составления расписания в учебном заведении» Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013): труды Международной научно-технической конференции Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013.

© Кузьмичев А. Б., Рудаков В. В., 2015

УДК 517.977.58

**А. Б. Кузьмичев\***

*\*Кузьмичев Алексей Борисович, к.т.н, доцент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*  
kuzmichev@mail.ru

**В. В. Рудаков\***

*\*Рудаков Всеволод Викторович, студент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти*  
rudakoff.v@gmail.com

#### МОДЕЛЬ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ

*Ключевые слова: расписание, учебное заведение, проблемы составления расписания, СУБД.*

*Рассмотрен один из вариантов модели хранения данных по расписанию занятий в учебном заведении.*

Составление расписания занятий в любом учебном заведении является неотъемлемым процессом его деятельности. Чем лучше организован процесс составления расписания, тем более эффективно проходит учебный процесс. В большинстве современных учебных заведений процесс составления расписания чаще всего выполняется вручную. Это приводит к невозможности получения оперативно всевозможных отчетов по занятиям для участников учебного процесса [6].

Для автоматизации составления расписания занятий в первую очередь необходимо создать структуру хранения сведений по расписанию занятий. От того насколько правильно будет разработана данная модель хранения – настолько эффективно будет в будущем автоматизировано составление расписания занятий.

В данной работе предлагается один из вариантов модели хранения данных по расписанию занятий. Данная модель проверена на практике и позволяет хранить все необходимые сведения для составления расписания. При этом модель нормализована до третьей нормальной формы и не имеет ограничений по участникам учебного процесса (группы, преподаватели, аудитории). Кроме этого в данной модели можно учитывать сведения по потокам и подпотокам, позволяющих объединять группы в большие единицы для проведения занятий. [7]. Разработанная модель данных представлена на рис.1.

Рассмотрим подробнее данную модель.

1. Все основные сведения по расписанию занятий хранятся в таблице *Grasp*. В ней хранятся номер занятия, дата и пара проведения занятия, номер занятия по темплану и дополнительная информация в виде примечания и проблем, возникших при проведении данного занятия.

2. Расписание групп определяется сведениями хранящиеся в таблице *GraspGrp*. В ней хранится привязка группы к конкретному занятию определенными в таблице "*Grasp*". Данный подход реализует связь между сущностями группы и расписание многим-ко-многим.

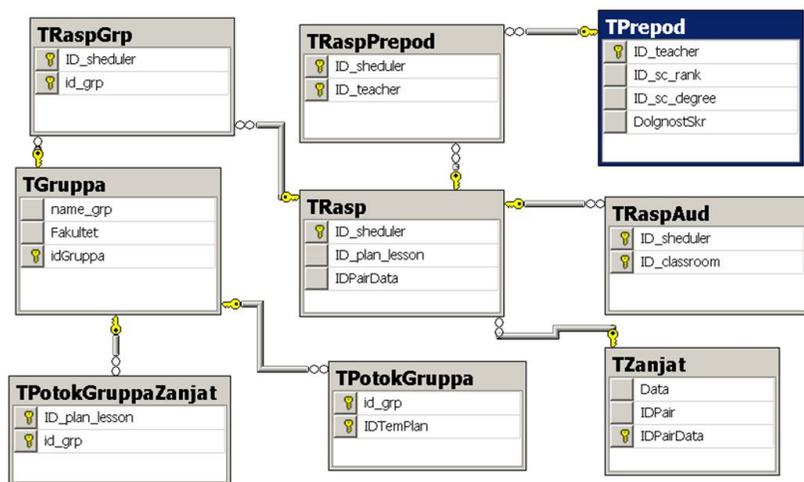


Рис. 1. Модель базы данных для хранения данных по расписанию занятий

3. Расписание занятий по преподавателям и аудиториям реализуется аналогично как и для групп. Для этого в модели используется две таблицы "TraspPrepod" и "TraspAud". Этот подход позволяет задать на занятие любое сочетание аудиторий, преподавателей и групп. Недостатком данного подхода является невозможность автоматического контроля "накладок" по расписанию участников учебного процесса. Эту проблему предлагается решать на уровне клиентского приложения, выполняющего проверку "накладок" в момент планирования занятия.

4. Номер занятия хранится в таблице Tzanjat. Номер занятия определяется как составленное слово из даты и номера пары занятия.

5. Из таблицы TPotokGruppa и TPotokGruppaZanjat берутся данные по объединению групп в потоки и подпотоки при планировании занятий. Такой подход позволяет объединять группы и делить потоки на всевозможные варианты при планировании занятий.

Для планирования занятий предварительно необходимо внести все сведения для планирования (тематический план занятий). Для хранения этих данных предлагается следующая модель данных (рис. 2.)

1. Сведения по занятиям предлагается хранить в таблицах "TtemplanShapka" и "Ttemplan". В данных таблицах учитываются сведения по наименованию дисциплины, семестру проведения занятия, номера темы занятия, вид занятия, количеству пар на занятия и количеству подгрупп. Эти сведения необходимы для организации создания сетки планирования в таблице "Trasp" и вывода необходимой информации в формах и отчетах при планировании занятий.

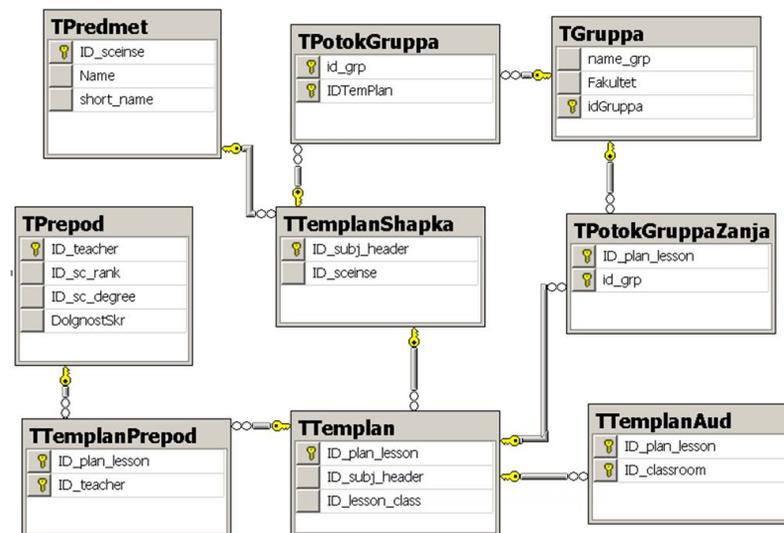


Рис. 2. Модель базы данных для хранения данных по тематическому плану для расписания занятий

2. Для учета групп которые будут участвовать в занятиях предлагается использовать две таблицы:

3. а) TGruppa – она хранит сведения по всем группам участвующим при проведении данного предмета (поток);

4. б) "TPotokGruppa" – она хранит сведения по группам которые участвуют при проведении конкретного занятия в данном предмете. Это позволяет выполнять объединения групп при проведении данного предмета во все возможные сочетания необходимые для реализации занятия.

5. Для хранения сведений по преподавателям и аудиториям участвующих при проведении по данной дисциплине в выбранном тематическом плане предлагается использовать таблицы "TtemplanPrepod" и "TtemplanAud". Этот подход позволяет определить на занятии любое количество аудиторий и преподавателей.

6. Также все исходные сведения должны храниться в первичных таблицах (справочниках):

- а) "T\_grp" – хранятся сведения по группам,
- б) "T\_Prepod"
- в) "TAud"
- г) «TPredmet»
- д) «TDay»
- е) «Пары»

Таким образом предложенная модель по хранению основных сведений по составлению расписаний учебных занятий в учебном заведении. Данная мо-

дель нормализована до 3 нормальной формы. Данная модель апробирована при составлении расписания в ПВГУС и показала свою работоспособность и эффективность при составлении расписания занятия [1],[2], [3].

#### *Библиографический список*

1. Кузьмичев А.Б. Программа составления расписания занятий в учебном заведении [Электронный ресурс]. -2014. – Режим доступа: [http://kuzmichev.chat.ru/Free\\_rasp.zip](http://kuzmichev.chat.ru/Free_rasp.zip), свободный. Загл. с экрана.
2. Расписание занятий для дневного отделения ПВГУС [Электронный ресурс]. -2014. – Режим доступа: <http://www.tolgas.ru/studcentr/new>, свободный. Загл. с экрана.
3. «О подходе к автоматизации составления расписания в учебном заведении» Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013): труды Международной научно-технической конференции Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013.

© Кузьмичев А. Б., Рудаков В. В., 2015

УДК 681.5:004

**А. Б. Кузьмичев\***

*\*Кузьмичев Алексей Борисович, к.т.н, доцент*

*Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти  
kuzmichev@mail.ru*

### **РЕКУРРЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПРОГРАММЫ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СИСТЕМ СО СЛУЧАЙНОЙ СКАЧКООБРАЗНОЙ СТРУКТУРОЙ**

*Ключевые слова: марковский процесс, система со случайной скачкообразной структурой, рекуррентный алгоритм, идентификатор, классификатор, фильтр.*

*Рассмотрен рекуррентный алгоритм на основе систем со случайной скачкообразной структурой для диагностирования состояния работающей программы с целью детектирования возможной угрозы безопасности информации.*

В ПК практически невозможно заранее определить состав работающих программ, так как он зависит от пользователя, работающего на ПК. Также очень сложно предсказать поведение выполняемой программы. Это приводит к проблеме диагностики угроз безопасности работающей системе. Это ведет к ситуациям, приводящим к реализации угроз безопасности информации [1].

Для устранения этой проблемы чаще всего используется перечисление всех возможных угроз, определение возможных свойств проявления и диагностики с помощью поиска данных симптом. Однако это приводит к пропуску угрозы, если она отсутствует в базе сведений по угрозам [2].

Также используется эвристический подход, основанный в прогнозировании возникающей угрозы посредством запуска программы в некоторой среде. Наблюдая за работой программы, ищутся действия, которые возможно есть угрозы безопасности.

Эти подходы направлены на поиск действий, которые заранее были определены и перечислены, как опасные. Однако многие новые угрозы опасны тем, что они находят действия, не перечисленные в существующих системах защиты информации.

Для этого предлагается рассмотреть подход, основанный на идее «Поведенческих блокираторов», основанный на анализе поведения программ и блокировки выполнения опасных действий. Данный подход является статичным, так как не учитывает действия для конкретных программ. Лучше следить за действиями и свойствами, которые имеет конкретная программа и сверять их с разрешенными для нее. При обнаружении выхода их за рамки границ разрешенных, это классифицируется, как возможная угроза.

Для этого предлагается рекуррентный алгоритм на основе теории систем со случайной скачкообразной структурой (ССС) [3]. Под СССР понимаются динамические структуры, которые имеют конечное число состояний, сменяющих друг друга в случайные моменты времени. Этот процесс классифицируется как

цепь Маркова - конечное число состояний процесса зависит только от его текущего состояния и не зависит от прошлых состояний [4].

В данном алгоритме под ССС будем понимать работающую программу (система). Для контроля за состоянием системы будем использовать идентификатор состояния [5]. Предлагаемая схема реализации данного алгоритма представлена на рис. 1.

На схеме есть четыре блока:

1. Классификатор, определяющий апостериорные вероятности состояний системы  $\hat{p}(s_k)$  и состоящий из  $n^{(s)}$  скалярных уравнений.
2. Фильтр, вычисляющий апостериорные оценки параметров наблюдаемой системы  $\hat{x}(s_k)$  и состоящий из  $n^{(x)}$  векторных уравнений.
3. Дисперсиометр, определяющий апостериорные ковариации ошибок оценивания параметров состояния системы  $\hat{R}(s_k)$  и состоящий из  $n^{(s)}$  матричных уравнений.
4. Идентификатор, детектирующий состояние системы на основе анализа вероятностей состояния системы  $\hat{p}(s_k)$ .

На вход алгоритма поступают :

- $z_k - n_z$  - мерный вектор измеренных значений параметров системы на  $k$ -ом шаге функционирования системы.
- $r_k - n_r$  - мерный вектор наблюдаемых значений индикаторов системы на  $k$ -ом шаге функционирования системы.
- $\hat{X}_{k-1}$  - вектор оценки состояния системы на  $k-1$  шаге, включающий оценки вероятностей состояний системы  $\hat{p}(s_k)$ , параметров системы  $\hat{x}(s_k)$  и основных ковариаций ошибок оценивания параметров состояния системы  $\hat{R}(s_k)$ .

Вычисление оценок выполняется по следующим формулам:

$$\hat{p}(s_k) = [\bar{f}(z_k, r_k)]^{-1} \sum_{s_k} \hat{p}(s_{k-1}) \iint_{-\infty}^{+\infty} \varepsilon(y_k, y_{k-1}) dx_k dx_{k-1}$$

$$\hat{x}(s_k) = [\bar{f}(z_k, r_k) \hat{p}(s_k)]^{-1} \sum_{s_k} \hat{p}(s_{k-1}) \iint_{-\infty}^{+\infty} x_k \varepsilon(y_k, y_{k-1}) dx_k dx_{k-1},$$

$$\hat{R}(s_k) = [\bar{f}(z_k, r_k) \hat{p}(s_k)]^{-1} \sum_{s_k} \hat{p}(s_{k-1}) \iint_{-\infty}^{+\infty} [x_k - \hat{x}(s_k)]^* [x_k - \hat{x}(s_k)]^T \varepsilon(y_k, y_{k-1}) dx_k dx_{k-1}$$

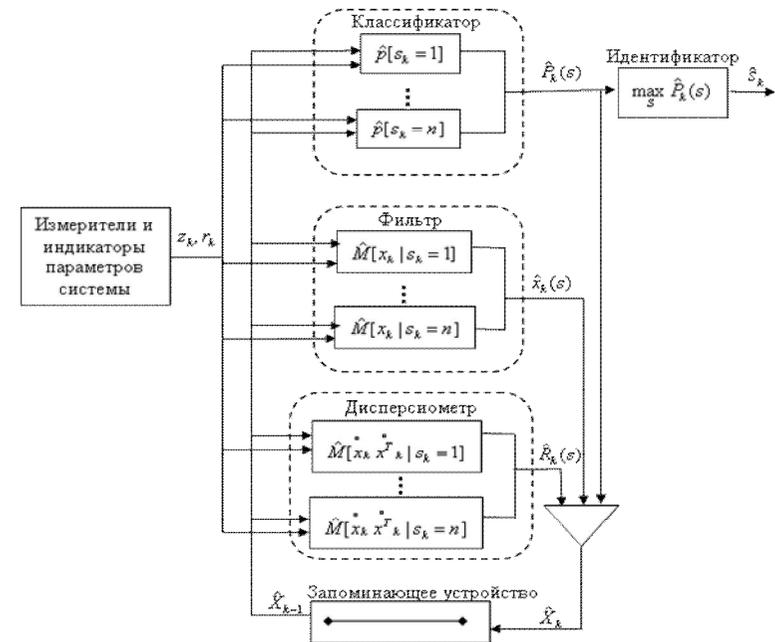


Рис. 1. Схема алгоритма распознавания структуры системы

где  $k$  — дискретный момент времени ( $k=0, 1, \dots$ ),

$s_k = 1, n^{(s)}$  - мерный вектор состояний системы,

$\hat{x}_k = 1, n^{(x)}$  - мерный вектор апостериорных параметров системы,

$$\varepsilon(y_k, y_{k-1}) = f(z_k | x_k, s_k, r_k, y_{k-1}) \pi(r_k | x_k, s_k, y_{k-1}) f(x_k | s_k, x_{k-1}, s_{k-1}) q(s_k | x_{k-1}, s_{k-1}) \hat{f}(x_{k-1} | s_{k-1})$$

$$f(z_k | x_k, s_k, r_k, y_{k-1}) = (2\pi)^{-n_z} \iint_{-\infty}^{+\infty} \exp\left\{i\omega^T [\psi(x_k, s_k, r_k, y_{k-1}, \zeta_{k-1}) - z_k]\right\} d\Phi(\zeta_{k-1} | \zeta_{k-1}) d\omega$$

$$f(x_k | s_k, x_{k-1}, s_{k-1}) = (2\pi)^{-n_x} \iint_{-\infty}^{+\infty} \exp\{i\omega^T [(s_k, x_{k-1}, s_{k-1}, \zeta_{k-1}) - x_k]\} d\Phi(\zeta_{k-1}) d\omega;$$

$$\hat{f}(x_k, s_k) = \int_{s_k - \infty}^{+\infty} \tilde{f}^{-1}(z_k, r_k) \sum_{s_{k-1} - \infty}^{+\infty} f(z_{k+1} | x_k, s_k, r_k, y_k) \pi(r_k | x_k, s_k, y_{k-1}) f(x_k | s_k, x_{k-1}, s_{k-1}) \times$$

$$q(s_k | x_{k-1}, s_{k-1}) \hat{f}(x_{k-1} | s_{k-1}) dx_{k-1};$$

$$\tilde{f}^{-1}(z_k, r_k) = \sum_{s_k} \sum_{s_{k-1}} \hat{p}(s_{k-1}) \int_{-\infty}^{+\infty} \varepsilon(y_k, y_{k-1}) dx_{k-1} - \text{нормировочный коэффициент};$$

$$y_k = \begin{bmatrix} x_k^T, s_k^T, z_k^T, r_k^T \end{bmatrix}^T; \quad \pi(r_k | x_k, s_k, y_{k-1}) - \text{известная (априорная) условная}$$

вероятность перехода выходного сигнала индикатора  $r_k$  при фиксированных значениях переменных  $x_k, s_k, y_{k-1}$ ;

$q(s_k | x_{k-1}, s_{k-1})$  - априорная вероятность перехода состояния системы  $s_k$  при фиксированных значениях переменных  $x_k, s_k$ ;

$\psi(x_k, s_k, r_k, y_{k-1}, \zeta_{k-1})$  - априорная векторная детерминированная функция, описывающая работу измерителя параметров системы;

$(s_k, x_{k-1}, s_{k-1}, \zeta_{k-1})$  - априорная векторная детерминированная функция, описывающая изменения параметров системы;

$\omega$  - векторный аргумент характеристической функции;

$$i = \sqrt{-1}; \quad \Phi(\zeta_k | \zeta_k) = \Phi(\zeta_k, \zeta_k) \Phi^{-1}(\zeta_k),$$

$\Phi(\zeta_k, \zeta_k)$  - совместная функция распределения вектора возмущений  $\zeta_k$  и вектора ошибок измерителей  $\zeta_k$ ;

$\Phi(\zeta_k)$  - функция распределения вектора возмущений  $\zeta_k$ , действующих на систему;

$\zeta_k - n_\zeta$  - мерный вектор помех, действующий на измерения;

$\zeta_k - n_\zeta^z$  - мерный вектор возмущений, действующих на систему.

Данный алгоритм реализовать достаточно сложно. Однако при принятии упрощений можно упростить решение данных уравнений. Например, можно выполнить параметрическую аппроксимацию плотности  $\hat{f}(x_k, s_k)$  с реализацией зависимости только от первых двух условных моментов  $\hat{x}(s_k), \hat{R}(s_k)$  [6].

Таким образом, на основе предложенного алгоритма можно определить вероятностную оценку нахождения системы в том или ином состоянии [7], [8]. Наиболее важным будет являться состояние, при котором система диагности-

руется как неверно функционирующая и возможна вероятность появления угрозы безопасности информации.

#### Библиографический список

1. Прохоров С.А., Федосеев А.А., Иващенко А.В. Автоматизация комплексного управления безопасностью предприятия/ Самара: СНЦ РАН, 2008.
2. Никишин А. Проактивная защита как она есть [Электронный ресурс]. -2014. – Режим доступа: [http://www.securelist.com/ru/analysis/170273483/Proaktivnaya\\_zashchita\\_kak\\_ona\\_est#behaviour](http://www.securelist.com/ru/analysis/170273483/Proaktivnaya_zashchita_kak_ona_est#behaviour), свободный. Загл. с экрана.
3. Казаков, И. Е. Анализ систем случайной структуры / И. Е. Казаков, В. М. Артемьев, В. А. Бухалев. – М. : Физматлит, 1993 .
4. Кельберг М. Я., Сухов Ю. М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. II: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. М.: МЦНМО, 2009.
5. Бухалев, В.А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой. – М. : Наука, 1996.
6. Прохоров С.А. Аппроксимативный анализ случайных процессов. – 2-е изд., перераб. и доп./СНЦ РАН, 2001.
7. «Рекуррентный алгоритм распознавания состояния вычислительной системы на основе теории систем со случайной скачкообразной структурой» Журнал «Спецтехника и связь» №2/2014.
8. «Алгоритм распознавания состояния программы на основе систем со случайной структурой» Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014.

© Кузьмичев А. Б., 2015

УДК 681.5

**О. Х. Кулдашов\****\*Кулдашов Оббозжон Хокимович, к.т.н, доцент**Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий, г. Фергана, Республика Узбекистан*

abbos\_ok@mail.ru

**И. И. Абдурахимов\****\*Абдурахимов Иброхим Илхомжон угли, студент**Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий, г. Фергана, Республика Узбекистан*

abbos\_ok@mail.ru

### КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА MATLAB ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

*Ключевые слова: компьютерная модель, преобразователь, информационные параметры, пакет MATLAB, телекоммуникационные системы связи, осциллограммы.*

*Рассмотрена компьютерная модель преобразователя с использованием пакета MATLAB для телекоммуникационных систем связи.*

В настоящий момент в отечественной и зарубежной промышленности, а также в объектах телекоммуникаций широко используется преобразовательная техника особенно в источниках питания различных электронных устройств.

Разработан современный подход к проектированию и практическому построению схем силовых преобразователей с использованием современной элементной базы как силовых полупроводниковых приборов, так и других элементов преобразователя, прежде всего электромагнитных элементов и силовых конденсаторов.

Сейчас на одно из первых мест в требованиях к преобразователям выдвигается обеспечение электромагнитной совместимости преобразователя с нагрузкой и сетью питания преобразователя. Последнее в основном определяется формой потребляемого тока, пульсации которого должны быть ограничены. Естественно, эксплуатационные характеристики существенно зависят от параметров элементов преобразователя. Одними из важнейших элементов современных импульсных преобразователей электрической энергии являются силовые полупроводниковые приборы. Улучшение параметров силовых приборов напрямую позволяет получить лучшие характеристики преобразователя [1].

Появление мощных полностью управляемых приборов, в первую очередь мощных силовых транзисторов с изолированным затвором (МДП-транзисторов) и биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), отличающихся простотой управления, малой мощностью необходимого источника управляющего напряжения (драйвера), хорошей совместимостью управляющих цепей транзисторов и выходных цепей автоматики и системы управ-

ления позволяет создавать малогабаритные, надёжные, мощные импульсные преобразовательные устройства [2].

Транзисторные инверторы являются основными элементами современных высокочастотных преобразователей для питания установок различного назначения.

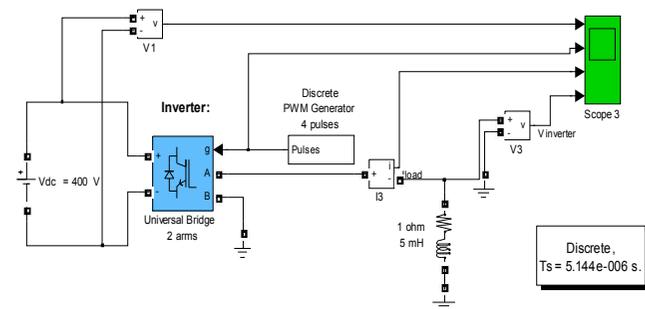
Выбор схемных решений при проектировании преобразователя является весьма важным вопросом, поскольку, при заданном уровне полупроводниковых приборов и возможности оптимизации конструкции, улучшение характеристик преобразователя возможно путём рационального использования известных схем и разработки новых схемных решений с учётом специфики задач и области применения. Поэтому для исследования характеристик преобразователя применяются моделирования на виртуальных моделях.

В работе приводятся результаты моделирования инвертора на IGBT транзисторах. Построение виртуальной модели осуществлено с применением пакета MATLAB. Использование пакета MATLAB существенно упрощает расчетную часть процедуры построения виртуальной модели, позволяя всецело сосредоточиться на содержательной стороне решаемой задачи.

На рис.1. показана схема виртуальной модели, которая включает в себя источник, инвертор, осциллограф, нагрузку, преобразователи и другие элементы. Установленные параметры нагрузки и источника питания показаны на рис.2. Результаты моделирования приведены на рис.3.

Использование разработанной компьютерной модели инвертора позволяет:

- разработку и проектирование оптимальной конструкции современных инверторов с высоким к.п.д. преобразования;
- исследование и оптимизация режимов работы инвертора при заданном уровне полупроводниковых элементов;
- выбор оптимальных параметров элементов инвертора;
- получение чистого синуса, т.е. синусоидального сигнала с минимальными искажениями.



**Рис. 1.** Схема виртуальной модели инвертора на IGBT транзисторах.

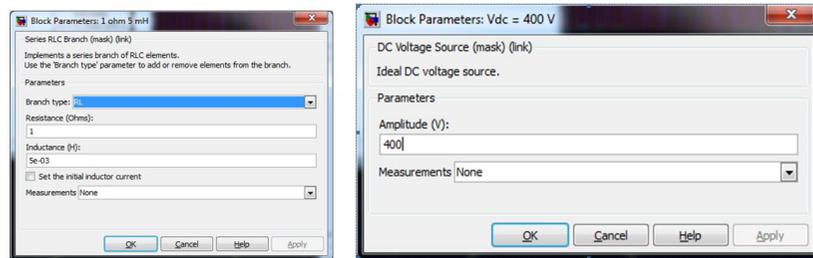


Рис. 2. Установленные параметры нагрузки и первичного источника питания.

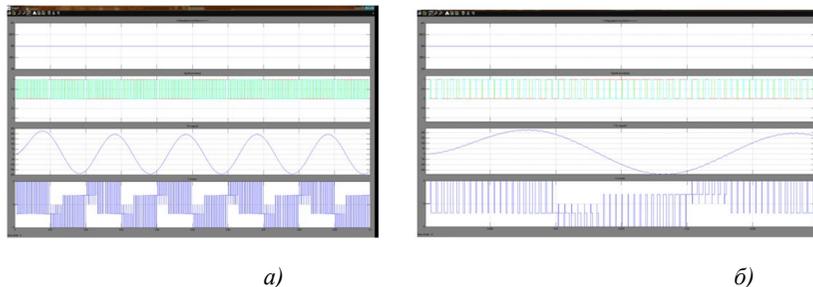


Рис. 3. Осциллограммы входных (а) и выходных (б) сигналов инвертора

В целом, разработанная компьютерная модель позволяет возможность оптимизации конструкции, улучшение характеристик преобразователя путём рационального использования известных схем и разработки новых схемных решений с учётом специфики задач и области применения.

#### Библиографический список

1. Костиков В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: Учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 344 с.
2. Найвельт, К.Б. Мазель, Ч.И. Хусаинов и др.; Под ред. Г.С. Найвельта. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Г.С.– М.: Радио и связь, 2005. – 576 с.

© Кулдашов О. Х., Абдурахимов И. И., 2015

УДК 658.5:621.74

**К. С. Кульга\***

\*Кульга Константин Станиславович, д.т.н, профессор

Уфимский государственный авиационный технический университет  
admin@stalkerplm.com

**П. В. Виноградов\***

\*Виноградов Павел Владимирович, ассистент

Филиал Уфимского государственного авиационного технического университета в г. Стерлитамаке

bar@ya.ru

**А. Ф. Шишкина\***

\*Шишкина Анна Федоровна, к.т.н., доцент

Филиал Уфимского государственного авиационного технического университета в г. Стерлитамаке

shaf\_sciens@mail.ru

## ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК КРУПНЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Ключевые слова:* станочное оборудование, литейная технология, модельный комплект, крупные корпусные отливки, 3D-геометрическое моделирование, автоматизированная информационная система.

В статье предлагается новое решение актуальной научно-практической проблемы, заключающейся в создании системы автоматизированного проектирования литейной технологии для отливок базовых деталей станочного оборудования с числовым программным управлением на основе синтеза литейной технологии крупных корпусных отливок с использованием 3D-геометрического моделирования и прикладного программного обеспечения, реализующего функции САД-системы.

#### Актуальность проблемы.

Основа конструкции современного станочного оборудования с числовым программным управлением (далее – СО) – базовые, крупные корпусные детали (ККД), преимущественно изготавливаются литьем из чугуна, что удовлетворяет условиям жёсткости и виброустойчивости СО.

Анализ единичного и мелкосерийного производства отливок ККД СО в литейных цехах станкостроительных предприятий выявил следующие тенденции [1]:

- значительные энергетические, материальные и трудовые затраты в малоэффективных, последовательных БП разработки ЛТ;
- необходимость использования совмещенных БП разработки ЛТ, в части проектирования модельных комплектов (МК) для изготовления отливок ККД СО;

- необходимость в нормализации конструкций отливок ККД СО и унификации элементов МК для их изготовления;
- изготовление деталей МК на СО.

#### Постановка задачи.

Для решения актуальной проблемы совмещения БП разработки технологии изготовления отливок ККД СО в едином информационном пространстве станкостроительного предприятия необходимо создание программного обеспечения (ПО) автоматизированной информационной системы (АИС) Stalker-Cast, основанной на апробированной методологии проектирования подобного рода АИС [2], функциях 3D-геометрического моделирования и API (Application Programming Interface)-функциях CAD (Computer Aided Design)-системы. Для создания ПО АИС Stalker-Cast необходимо решить следующие задачи:

- системный анализ рациональных способов получения отливок ККД СО и БП разработки ЛТ на основе реинжиниринга существующих БП проектирования МК отливок ККД СО;
- разработать информационно-математическую модель АИС.

#### Системный анализ рациональных способов получения отливок ККД СО.

Технологические процессы изготовления деталей обладают многовариантностью их реализации, которая заключается в используемых заготовках для их изготовления, применении оборудования и т.д., что в значительной степени связано с масштабностью производства [3].

В основе разработки технологии изготовления отливок ККД СО лежит выбор способа литья. В настоящее время преимущественное применение получили следующие способы: литье в песчано-глинистые формы и формы из холоднотвердеющих смесей (ХТС); литье по газифицированным моделям (ЛГМ).

Вышеуказанные способы литья при близких показателях качества, имеют для конкретных отливок ККД СО разные технико-экономические показатели.

#### Системный анализ БП разработки ЛТ на основе реинжиниринга существующих БП проектирования МК отливов ККД СО.

Проведенный анализ литейного производства на предприятии НПО «Станкостроение» (г. Стерлитамак) [2] выявил низкую эффективность использования ПО локальных подсистем САХ (Computer Aided Technologies), отсутствие программного взаимодействия этих подсистем как на уровне управления, так и наборов данных. Реинжиниринг существующих БП разработки ЛТ, в части проектирования МК для отливок ККД СО, направлен на повышение эффективности работы конструктора, технолога-литейщика и конструктора модельной оснастки в АИС, с поддержкой функций принятия и оптимизации проектных решений [4].

На рисунке 1 приведен пример функциональной модели синтеза новой ЛТ для одного из применяемых способов литья. На каждом этапе разработки ЛТ из базы данных (БД) типовых вариантов структур, генерируются базовые (типовые) конструктивы (БК), представляющие собой параметрические 3D-геометрические модели (ГМ).

Следует отметить, что выходными данными каждого из первых трех этапов являются, промежуточные технологические 3D-ГМ используемые в качестве входных на следующих этапах.

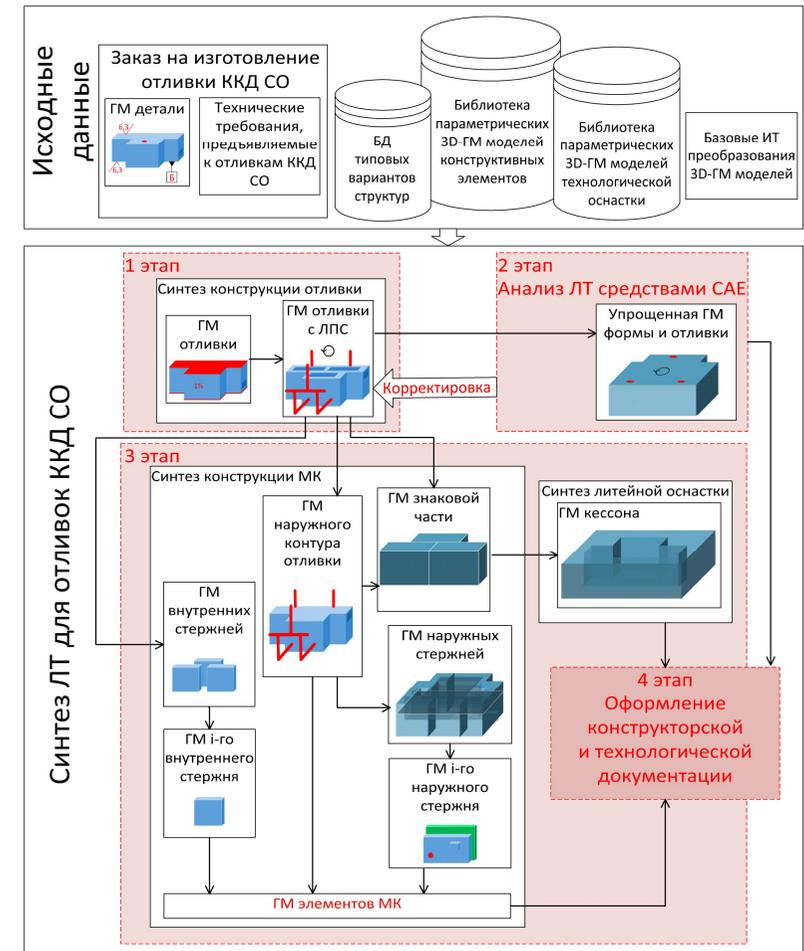


Рис. 1. Функциональная модель синтеза ЛТ ККО одного из способов литья (в стержнях ХТС собранных в кессонной форме)

Этап 1. Синтез конструкции отливки. Задачами этого этапа являются: получение корректной 3D-ГМ отливки с рассчитанными элементами литниковой системы и учтенной усадкой для последующего её использования в САМ (Computer Aided Manufacturing) – системе.

*Этап 2.* Анализ ЛТ средствами САЕ-системы. На этапе генерируется 3D-ГМ формы для гидро-(заполнение формы) и термодинамического анализа (остывание отливки и формы) в САЕ-системе с применением метода конечных элементов. При отрицательном результате анализа, например, непроливы, усадочные раковины и т.п., определяется направление оптимизации первичной 3D-ГМ и технологических параметров.

*Этап 3.* Синтез конструкции МК и литейной оснастки. Посредством выбора из каталога БД типовых вариантов обобщенной структуры МК для отливок ККД СО, генерируется 3D-ГМ элементы МК и литейной оснастки. Осуществляется фрагментация полученных моделей. В заключении проводится проверка собираемости формы с помощью полученных 3D-ГМ фрагментов.

*Этап 4.* Оформление конструкторской (в случае ручного изготовления МК) и технологической документации, подразумевает создание ассоциативных чертежей на элементы МК и литейной оснастки, автоматизированное формирование следующих отчетов (в соответствии ГОСТ 3.1401-85): карт технологической информации, маршрутных карт, ведомости стержней и т.п.

Предложенная функциональная модель АИС Stalker-Cast содержит декомпозирующие диаграммы деятельности (методология RUP – Rational Unified Process), позволяющие формализовать описание новых БП разработки ЛТ, с целью улучшения качества проектов и уменьшения сроков запуска отливок в производство [5].

**Информационно-математическая модель АИС.** Информационно-математическая модель (ИММ) АИС проектирования можно формально представить в виде множества:

$$M(\text{БК}) = \{ \text{БК}, F^{\text{БК}}, N^{\text{БК}}, R^{\text{БК}} \}, \quad (1)$$

где БК – базовый конструктив объекта проектирования;  $F^{\text{БК}}$  – множество свойств БК (наборы данных статей прямых и косвенных затрат себестоимости);  $N^{\text{БК}}$  – множество параметров свойств  $F^{\text{БК}}$ ;  $R^{\text{БК}}$  – множество отношений между элементами БК, свойствами  $F^{\text{БК}}$  и параметрами  $N^{\text{БК}}$ .

Предлагаемая ИММ АИС позволяет реализовать новый метод автоматизированного проектирования МК для отливок ККД СО основанный на программном преобразовании исходной конструкторской 3D-ГМ в набор параметрических 3D-ГМ элементов МК с применением API-функций САД-систем. Этот метод использует входные и выходные наборы данных электронной структуры изделия СО, которая сохраняется в единой БД интегрированной АИС предприятия Stalker PLM [2].

#### **Заключение.**

Автоматизация проектирования ЛТ для отливок ККД СО на основе разработанного ПО АИС Stalker-Cast позволяет:

– реализовать эффективные методы и средства разработки технологии изготовления отливок ККД СО на основе применения процедуры автоматизированного синтеза 3D-ГМ ЛТ (например, 3D-ГМ элементов МК для изготовления отливок ККД СО);

– исключить ошибки в ЛП отливок ККД СО за счет проверки собираемости формы с помощью 3D-ГМ, и как следствие, снизить прямые и косвенные затраты в фактической себестоимости ККД СО.

#### *Библиографический список*

1. *Кульга К.С., Виноградов П.В.* Совершенствование бизнес-процессов проектирования и изготовления крупногабаритных отливок на основе использования систем трехмерного геометрического моделирования // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: материалы VI всерос. науч.-практ. конф. / гл. ред. С. Н. Летуга. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. С.46-51.

2. *Кульга К.С., Кривошеев И.А.* Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством: монография. М.: Машиностроение, 2011. – 377 с.

3. *Леухин В.Н., Лазарев А.О.* Разработка программы для выбора технологического процесса изготовления детали по критерию минимума технологической себестоимости // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013): сб. статей III международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2013. С.188-195.

4. *Кульга К.С., Виноградов П.В., Шишкина А.Ф.* Автоматизация бизнес-процессов разработки технологии изготовления отливок базовых деталей станочного оборудования // Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция «Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин и комплектующих изделий». Межвузовский научный сборник // Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2015г. С.89-94.

5. *Кульга К.С., Виноградов П.В.* Автоматизация проектирования модельных комплектов для отливок базовых деталей мехатронного станочного оборудования // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика №10 2014 г. С.08-16.

© Кульга К. С., Виноградов П. В., Шишкина А. Ф., 2015



