

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

ОДИНАДЦАТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

# ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Материалы докладов

г. Томск  
25—27 ноября 2015 г.

В двух частях

ЧАСТЬ 2



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
(ТУСУР)

# **ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

**XI Международная  
научно-практическая конференция**

**25–27 ноября 2015 г.**

**Материалы докладов**

**В двух частях  
Часть 2**

**В-Спектр  
Томск – 2015**

**УДК 621.37/39 + 681.3**  
**ББК (Ж/О) 32.84.85.965**  
**Э 45**

**Э 45 Электронные средства и системы управления:** Материалы докладов XI Международной научно-практической конференции (25–27 ноября 2015 г.): В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2015. – 360 с.  
ISBN 978-5-91191-330-4  
ISBN 978-5-91191-332-8 (Ч. 2)

Сборник содержит материалы докладов, представленных на XI Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления» (Томск, 25–27 ноября 2015 г.), по следующим направлениям: радиотехнические и телекоммуникационные системы; наноэлектроника СВЧ; нанотехнологии в электронике; антенны и микроволновые устройства СВЧ; нелинейная оптика; интеллектуальная силовая электроника и преобразовательная техника; плазменная электроника; биомедицинская электроника; автоматизация и оптимизация систем управления и обработка информации; интеллектуальные системы проектирования, автоматизация проектирования электронных устройств и систем; информационная безопасность; информационные технологии в управлении и принятии решений; информационные технологии в обучении; инновации в сфере электроники и управления; оптоэлектроника и фотоника; видеоинформационные технологии и цифровое телевидение.

Для студентов, преподавателей и специалистов, интересующихся проблемами систем управления.

УДК 621.37/39 + 681.3  
ББК (Ж/О) 32.84.85.965

*Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ). Проект № 15-07-20942*

*Часть статей секций 1–20 направлены для публикации  
в журнале «Доклады ТУСУРа»*

**ISBN 978-5-91191-330-4**  
**ISBN 978-5-91191-332-8 (Ч. 2)**

© ТУСУР, 2015  
© Коллектив авторов, 2015

## ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР КОНФЕРЕНЦИИ – ООО «КЕЙСАЙТ ТЕКНОЛОДЖИЗ»

Keysight Technologies – мировой технологический лидер на рынке контрольно-измерительных решений для электронной, оборонной, аэрокосмической и телекоммуникационной промышленности.

Как самостоятельная компания, Keysight Technologies была образована в 2014 г. в результате стратегического разделения компании Agilent Technologies, которая, в свою очередь, до 1999 г. входила в корпорацию Hewlett-Packard. Первый измерительный прибор под маркой Hewlett-Packard был выпущен более 75 лет назад.

В настоящий момент компания Keysight Technologies предоставляет самый широкий на рынке спектр лабораторных, модульных и портативных контрольно-измерительных приборов, в том числе оборудование для радиоизмерений (генераторы сигналов, анализаторы сигналов, анализаторы цепей), осциллографы и приборы общего назначения (мультиметры, источники питания, генераторы импульсов, системы сбора данных, логические анализаторы, ручные приборы), решения для тестирования телекоммуникаций, а также системы автоматизированного проектирования и моделирования электронных устройств.

В России приборы Keysight Technologies, ранее производимые под маркой Hewlett-Packard/Agilent, используются уже более 45 лет и по праву считаются наиболее точным и надежным контрольно-измерительным оборудованием на рынке.

Российский офис компании Keysight Technologies предлагает своим клиентам локальную техническую и сервисную поддержку, техническую документацию на русском языке. Для серий малогабаритных осциллографов, генераторов сигналов и анализаторов спектра разработаны русскоязычные интерфейсы пользователя. На большинство приборов есть сертификаты об утверждении типа средств измерений. На постоянной основе ведется работа по включению в Госреестр новых приборов Keysight Technologies.

Среди крупнейших заказчиков Keysight Technologies в России ведущие научно-исследовательские институты, конструкторские бюро, вузы, крупнейшие операторы связи.

В 2012 г. компания Keysight Technologies открыла два дополнительных региональных офиса в России – в Приволжском и Сибирском федеральных округах. В 2013 г. дополнительный офис открыт в Ростове-на-Дону, в 2014 – в Санкт-Петербурге.

Информация о компании Keysight Technologies доступна в сети Интернет по адресу: [www.keysight.ru](http://www.keysight.ru)

*Генеральный директор ООО «Кейсайт Текнолоджиз»  
Смирнова Галина Владимировна*



## **СПОНСОР КОНФЕРЕНЦИИ – АО «ПКК МИЛАНДР»**

АО «ПКК Миландр» (г. Зеленоград) является одним из ведущих предприятий радиоэлектронного комплекса России, деятельность которого связана с разработкой и производством изделий микроэлектроники и электронных модулей на их основе. В настоящее время «Миландр» обеспечивает разработку высокоинтегрированных микросхем с проектными нормами до 0,065 мкм.

АО «ПКК Миландр» только за последние 5 лет выполнило более 177 НИОКР в интересах предприятий радиоэлектронной промышленности. Номенклатурная линейка «Миландра» составляет более 230 типономиналов изделий (микроконтроллеры, микропроцессоры, радиочастотные микросхемы, микросхемы проводных интерфейсов, микросхемы управления питанием), которые широко используются российскими предприятиями оборонно-промышленного комплекса. Одним из конкурентных преимуществ компании является наличие собственного сборочного производства, позволяющего выполнять полный комплекс измерений параметров микросхем с последующей их установкой в металлокерамические (для спецприменений) или пластмассовые корпуса, а также Испытательного технического центра микроприборов, осуществляющего измерения, анализ и испытания микросхем. В числе постоянных заказчиков на выполнение работ по проектированию, изготовлению и поставке микроэлектронных изделий значатся российские центры проектирования, научно-исследовательские институты, приборостроительные предприятия и объединения. Компания постоянно расширяет географию и сферу научно-технического сотрудничества, заключая долгосрочные договоры с научными учреждениями России, СНГ и с зарубежными научными организациями. Поставка изделий осуществляется в адрес порядка 700 предприятий радиоэлектронной промышленности.

В 2014 г. АО «ПКК Миландр» совместно с Томским государственным университетом систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) и Томским государственным архитектурно-строительным университетом (ТГАСУ) одержали победу в конкурсе по созданию высокотехнологичного производства интеллектуальных приборов энергетического учета, разработанных и изготовленных на базе отечественных микроэлектронных компонентов, и гетерогенной автоматизированной системы мониторинга потребляемых энергоресурсов на их основе, выполняемом по Постановлению Правительства Российской Федерации № 218. Для выполнения работ по комплексному проекту АО «ПКК Миландр» и ТУСУР открыли Центр системного проектирования. В Центре системного проектирования, созданном на базе ТУСУРа, разрабатывается программное обеспечение для интеллектуальных приборов энергоучета и комплексной системы автоматизированного сбора и обработки информации. Результаты работ Центра системного проектирования будут не только внедряться в производство, но и активно использоваться в учебном процессе ТУСУР. Широкое внедрение совместных разработок АО «ПКК Миландр», ТУСУРа и ТГАСУ позволит снизить затраты населения за тепло- и электроэнергию на 15–20%.

Также АО «ПКК Миландр» активно проводит программу по взаимодействию с вузами: предоставляет вузам оборудование собственного производства и методические пособия для проведения практических занятий на все время сотрудничества. По окончании курсов проводится аттестация студентов, по результатам которой самые талантливые студенты получают сертификаты. Проект реализуется под эгидой импортозамещения, позволяет студентам российских вузов приобрести навыки работы с отечественной элементной базой и иметь преимущество при трудоустройстве в ведущие приборостроительные предприятия России.

**СПОНСОР КОНФЕРЕНЦИИ –  
Представительство фирмы  
«РОДЕ И ШВАРЦ ГМБХ И КО.КГ» (Германия), г. Москва**

Rohde&Schwarz – ведущий поставщик решений в области контроля и измерений, телерадиовещания, радиомониторинга и радиопеленгации, а также систем связи.

Компания Rohde&Schwarz основана более 80 лет назад. Множество филиалов и представительств в более чем 70 странах обеспечивают оперативную профессиональную поддержку установленного оборудования. В настоящее время 9800 сотрудников во всем мире вносят свой вклад в успех компании Rohde & Schwarz.

В 1993 году в Москве состоялось официальное открытие российского представительства фирмы Rohde & Schwarz. В 2005 году начал свою работу сервисный центр, деятельность которого осуществляется на территории России и стран СНГ. Мы можем по всему миру предоставить пакет сервисных услуг, соответствующих высокому качеству наших продуктов.

Филиалы компании открыты в Санкт-Петербурге, Новосибирске, Ростове-на-Дону, Нижнем Новгороде, Екатеринбурге, Воронеже, Красноярске и Казани.

## СПОНСОР ШКОЛЫ-СЕМИНАРА

*«Радиотехнический факультет-65 лет. История и развитие» –*

### ГРУППА КОМПАНИЙ «НАУЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»

Группа компаний «Научное оборудование» была образована в 1999 году. Основное направление деятельности компании – снабжение высокотехнологичным оборудованием учебных, научно-исследовательских и промышленных предприятий Сибири и Дальнего Востока России.

Мы анализируем задачи заказчика, подбираем оборудование под каждый конкретный случай, осуществляем поставку оборудования, а также оказываем технологическую и методологическую поддержку, гарантийный и послегарантийный ремонт. Некоторые наши заказчики доверяют нам полное закрытие всех потребностей своих лабораторий, и в оборудовании, и в расходных материалах.

В штате компании состоят высококвалифицированные технические специалисты с собственным опытом научной работы. Наши специалисты регулярно знакомятся с новинками оборудования, с новыми подходами в приборостроении, посещают международные выставки и обучающие семинары от производителей. Для каждой задачи заказчика мы можем предложить самое современное решение. Существующие рабочие связи со многими лабораториями СО РАН позволяют оперативно привлекать к решению задач заказчика профильных научных специалистов. Кроме того, мы сами организуем мастер-классы и семинары, на которых наши заказчики имеют уникальную возможность познакомиться с новейшим оборудованием для решения своих задач.

У нас налажены партнерские отношения со многими ведущими мировыми производителями научного и технологического оборудования как в России, так и за рубежом. У компании есть свой инженерный департамент; в случае необходимости мы можем самостоятельно разработать решение непосредственно под задачу заказчика.

Нашими заказчиками являются все академические институты Сибирского Отделения Российской Академии Наук, многие промышленные предприятия, технологические компании, учебные заведения высшего образования Сибирского и Дальневосточного регионов.

Кроме деятельности по поставке и разработке оборудования, мы участвуем в продвижении разработок институтов СО РАН на внешний рынок, организуем совместные проекты институтов СО РАН с разными организациями по разработке конкретных технологических и наукоёмких решений.

Мы видим своей целью построение долгосрочных взаимовыгодных отношений с каждым нашим заказчиком.

## СПОНСОР ШКОЛЫ-СЕМИНАРА

*«Радиотехнический факультет-65 лет. История и развитие» –*

**ООО «ЭЛКОМ+»**

История «Элком+» началась в Томске, где **21 декабря 1994 года Евгений Тепляков, выпускник Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), основал** компанию.

Команда «Элком+» начинала со строительства небольших и несложных систем радиосвязи, АСУ ТП и телекоммуникаций, пользователями которых являлись физические лица и предприятия малого бизнеса, после чего перешла к более серьезным решениям для крупных компаний и государственных структур.

К 2005 году было открыто новое направление – проектирование. С этого момента компания начала оказывать полный комплекс услуг по проектированию объектов связи и автоматизации.

С 2007 года «Элком+» является лицензированным разработчиком программных приложений для системы профессиональной мобильной радиосвязи производства Motorola Solutions и разрабатывает программный комплекс SmartРТТ, предназначенный для организации диспетчерской радиосвязи на предприятии и автоматизации работы диспетчеров.

Решения «Элком+» для цифровой радиосвязи и автоматизации производственного процесса прошли успешные испытания в сети ОАО «Газпром» и рекомендованы к применению на объектах этого холдинга.

Помимо головного офиса в городе Томске, «Элком+» имеет офисы в других регионах России – в Москве и в Иркутске. В 2012 году с целью продвижения продуктов SmartРТТ было принято решение об открытии офиса в Майами, США.

Сегодня компания «Элком+» успешно выполняет крупнейшие проекты по проектированию и системной интеграции современных систем связи и автоматизации технологических процессов, а также занимает лидирующие позиции по разработке диспетчерского программного обеспечения как в России, так и на зарубежных рынках.





## ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

*Председатель секции – Газизов Тальгат Рашитович, д.т.н.,  
профессор, зав. каф. ТУ*

УДК 57.049

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ БИОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ В ТЕМ-ЯЧЕЙКЕ

*Е.В. Бебякина, А.В. Бусыгина, М.Е. Комнатнов*

Рассчитан коэффициент поглощения электромагнитной энергии образцами тканей организма (сердце, кровь, мозговая и хрящевая ткани). Выполнено моделирование поглощения электромагнитной энергии биологическими объектами при воздействии на них электромагнитного поля, возбуждаемого диполем и ТЕМ-ячейкой. Показано влияние медицинского стекла и разных источников воздействия на результаты моделирования.

**Ключевые слова:** ТЕМ-ячейка, удельный коэффициент поглощения, электромагнитное поле, живая ткань.

Тенденции развития современных электронных устройств, а именно повышение частот спектра используемых сигналов и рост вычислительной производительности, обуславливают увеличение интенсивности воздействия электромагнитного излучения на человека. Устройства, использующие беспроводные системы связи (GSM, Bluetooth, Wi-Fi, 3G), которыми человек пользуется в повседневной жизни, и последствия их воздействия на организм требуют тщательного изучения [1]. Одним из устройств, позволяющих оценить влияние электромагнитного поля (ЭМП) на объекты, является ТЕМ-ячейка [2]. В настоящее время конструкции ТЕМ-ячеек совершенствуются, что позволяет проводить более широкий круг исследований, в том числе в области биофизики и биомедицины [3]. Прежде чем приступить к экспериментальным исследованиям в ТЕМ-ячейке, целесообразно провести ряд расчётов и имитационное моделирование поглощения электромагнитной энергии биологическим объектом (БО) в ТЕМ-ячейке. Цель данной работы – представить предварительные результаты моделирования воздействия ЭМП на БО.

Поскольку сотовый телефон является одним из самых популярных радиоэлектронных средств, для моделирования воздействия на БО выбрана частота 900 МГц [4]. Вследствие непосредственной близости телефона к голове пользователя во время разговора, в качестве БО выбраны кровь, хрящевая и мозговая ткани. Также в качестве БО выбрано сердце, так как это один из жизненно важных органов человеческого организма. Для расчёта и моделирования поглощения электромагнитной энергии (SAR) в качестве источника воздействия выбраны диполь и модель ТЕМ-ячейки [5].

Длина диполя выбрана 153,2 мм из условия  $\lambda/2$  с учетом коэффициента укорочения. Мощность в антенне  $P_t$  выбрана 1 Вт. Поскольку в ТЕМ-ячейке возбуждается поперечная электромагнитная волна, расстояние между диполем и БО вы-

брано равным 0,5 м, что соответствует условию дальней зоны  $r > \lambda/(2\pi)$ , где  $r$  – расстояние между облучаемым объектом и антенной, м.

Расчёт SAR выполнен для разных БО без медицинского стекла. Исходные параметры БО (плотность  $\rho$ , относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_r$  и удельная проводимость  $\sigma$ ) [6–8], приведены в табл. 1.

Вычислены импеданс БО  $\eta$ , удельная мощность излучения антенны  $S$ , напряжённость электрического поля на БО  $E$  и коэффициент SAR соответственно по формулам [6]:

$$\eta = \eta_0 \cdot \left( \frac{\mu_r}{\epsilon_r} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

где  $\eta_0$  – импеданс свободного пространства, Ом;  $\mu_r$  – относительная магнитная проницаемость;  $\epsilon_r$  – относительная диэлектрическая проницаемость.

$$S = \frac{P_t \cdot G_t}{4 \cdot \pi \cdot r^2}, \quad (2)$$

где  $P_t$  – мощность в антенне, Вт;  $G_t = 1$ ;  $r$  – расстояние между БО и антенной, м.

$$E = (S \cdot \eta)^{1/2}, \quad (3)$$

где  $S$  – плотность мощности, Вт/м<sup>2</sup>;  $\eta$  – импеданс живой ткани, Ом.

$$\text{SAR} = \frac{\sigma \cdot E^2}{\rho}, \quad (4)$$

где  $\sigma$  – удельная проводимость, См/м;  $\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $E$  – напряжённость электрического поля, В/м.

Модель ТЕМ-ячейки выбрана со следующими характеристиками: волновое сопротивление 50 Ом, КСВН < 1,2 в диапазоне частот до 2 ГГц. Амплитудное значение напряжения на входе ТЕМ-ячейки вычислено относительно подаваемой мощности  $P_{\text{in}}$  из условия

$$\frac{P_t}{P_{\text{in}}} = 1 - |S_{11}|, \quad (5)$$

где  $P_t$  – мощность на входе ТЕМ-ячейки;  $S_{11}$  – коэффициент отражения по входу.

Исходные и рассчитанные значения характеристик БО занесены в табл. 1.

Таблица 1

**Исходные данные БО и расчетные данные параметров воздействия**

Тип БО	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\epsilon_r$ , Ом	$\sigma$ , См/м	$\eta$ , Ом	$E$ , В/м
Мозговая ткань	1030	45,8	1,1	55,8	4,21
Кровь	1052	58,26	0,95	49,37	3,96
Хрящевая ткань	1030	42,58	0,5	57,76	4,29
Сердце	1060	59,79	0,54	48,75	3,93

Для моделирования поглощения электромагнитной энергии БО, находящимся под воздействием ЭМП, использовалась программа CST MWS. Изначально результаты вычисления проверялись на сходимость значений, для всех типов БО совместно с конструкцией, в которую помещены БО, а также совместно с источником возбуждения ЭМП.

Моделирование выполнено для БО без медицинского стекла (рис. 1) и с медицинским стеклом (рис. 2). Выбраны медицинские стекла, которые наиболее

часто применяются для подобных исследований: чаша Петри и пробное стекло со стандартной толщиной  $t$  (стенки 1 мм, дно 3 мм). Предполагалось, что высокое значение поглощения электромагнитной энергии может быть связано с медицинским стеклом, поэтому моделирование выполнялось и с уменьшенной в два раза толщиной медицинского стекла.

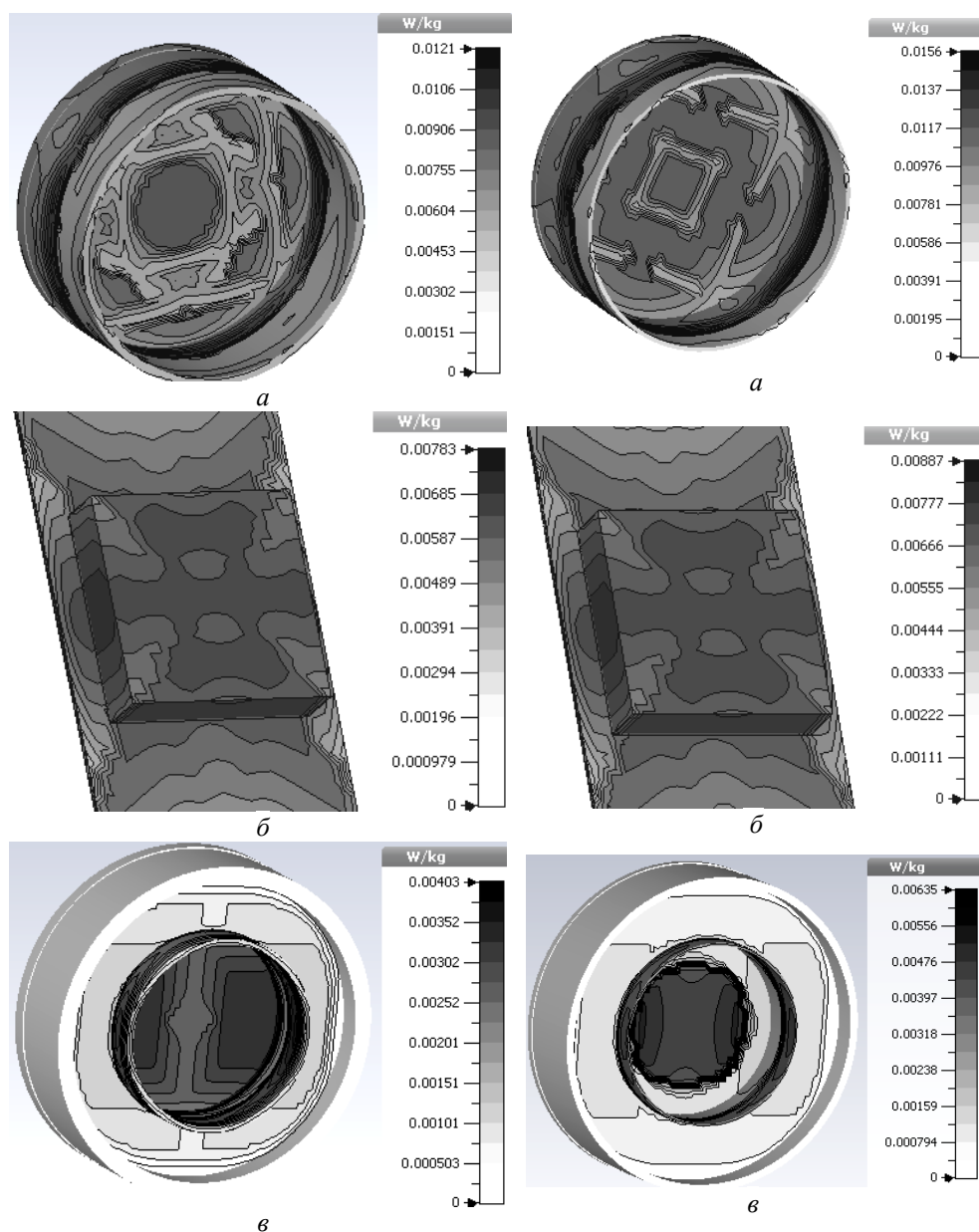


Рис. 1. Распределение SAR в БО (мозг), помещенном в чашу Петри (а), на пробное стекло (б) и методом «чаша в чаше» (в) при толщине стенок медицинского стекла  $t$

Рис. 2. Распределение SAR в БО (мозг), помещенном в чашу Петри (а), на пробное стекло (б) и методом «чаша в чаше» (в) при толщине стенок медицинского стекла  $t/2$



Также, для моделирования поглощения электромагнитной энергии использовался метод «чаша в чаше», где в большую чашу Петри, наполненную дистиллированной водой, помещается чаша с БО. Данный метод позволяет получить наиболее равномерное распределение ЭМП и избежать большого повышения температуры [4]. При моделировании учитывалось подобное совмещение (рис. 1, в, рис. 2, в). Результаты моделирования поглощения электромагнитной энергии БО (мозг), для разных источников воздействия (диполь и ТЕМ-ячейка) и разными (без медицинского стекла, с медицинским стеклом на пробном стекле и в чаше Петри, а также по методу «чаша в чаше») представлены в табл. 2, а распределения (для мозга показаны) – на рис. 1, 2.

Таблица 2

**Расчетные значения поглощения электромагнитной энергии БО  
при разных источниках и методах воздействия**

	Толщина стенок стекла	Мозговая ткань	Кровь	Сердце	Хрящевая ткань
Диполь без стекла	—	17,8	20,6	17,6	19,7
Расчётные значения	—	18,9	14,1	8,93	7,9
Диполь с пробным стеклом	$t$	6,63	7,65	6,48	7,39
	$t/2$	7,83	8,87	7,52	8,73
Диполь с чашей Петри	$t$	12,1	14,4	12,4	13,3
	$t/2$	15,6	18,3	15,8	17,4
Диполь с методом «чаша в чаше»	$t$	4,03	7	5,65	4,14
	$t/2$	6,35	11	8,93	6,53
ТЕМ-ячейка	—	17,8	24	20,4	18,9

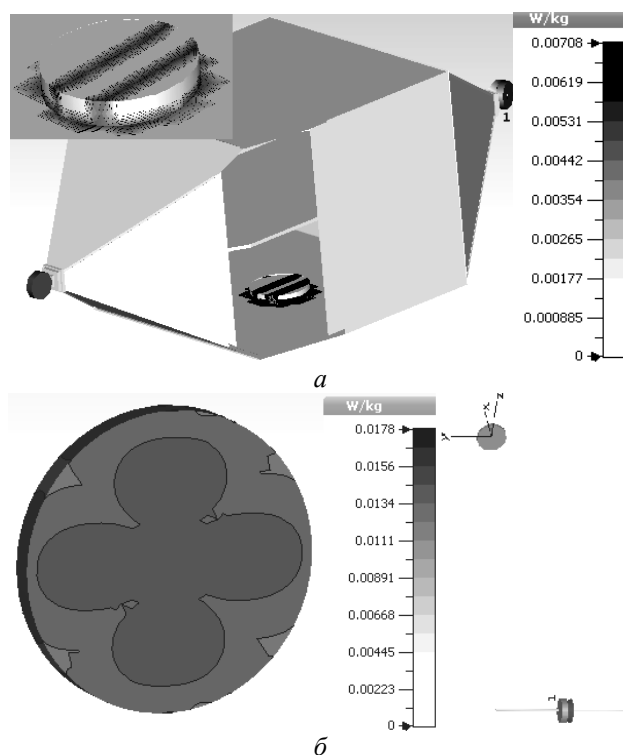


Рис. 3. Результаты моделирования БО (мозг) в ТЕМ-ячейке (а) и диполем (б)

Таким образом, табл. 2 наглядно показывает зависимость SAR от характеристик материала и условий исследования, которые обусловлены искажениями, вносимыми чашами Петри и предметными стёклами. Полученные данные позволяют учесть эти условия при исследованиях БО в ТЕМ-камере.

Из результатов вычислений можно сделать следующие выводы:

1. Значение *SAR* на поверхности и в центре БО больше, чем на нижних слоях и по краям.

2. Неизбежно влияние медицинского стекла на SAR.

Работа выполнена за счет средств РФ (проект 14-19-01232) в ТУСУРе.

### Литература

1. Busygina A.V., Komnatnov M.E., Matveyenko O.A. Problems of investigations in the sphere of electromagnetic fields impact on biological objects // 2015 International Conference on Biomedical Engineering and Computational Technologies (SIBIRCON), Novosibirsk, Russia, 28–30 October 2015 (in press).

2. Crawford M.L. Generation of standard EM fields using TEM transmission cells // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. 1974. Vol. EMC-16, № 4. P. 189–195.

3. Komnatnov M.E., Gazizov T.R. Environmental Shielded TEM Chamber for Biomedical Testing // Proc. of the IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Health-care Applications (IMWS-BIO). London. Dec. 2014. P. 1–4.

4. Schuderer J., Spat D., Samaras T., Oesch W., and Kuster N. In Vitro Exposure Systems for RF Exposures at 900 MHz // IEEE Trans. Microw. Theory Techn. 2004. Vol. 52. № 8. P. 2067–2075.

5. Komnatnov M., Gazizov T., Melkozerov A. Optimization of the TEM-cell for a new type of climatic chamber // Proc. of IEEE Int. Conf. on Numerical Electromagnetic Modeling and Optimization for RF, Microwave, and Terahertz Applications. August 11–14, 2015. Ottawa. Canada. P. 1–4.

6. Panagopoulos D.J., Johansson O., Carlo G.L. (2013) Evaluation of specific absorption rate as a dosimetric quantity for electromagnetic fields bioeffects. PloS one 8: e62663.

7. Gabriel C. Compilation of the dielectric properties of body tissues at RF and microwave frequencies. Final Techn. Report for the Period 15 Sept. 1993 to 14 Dec. 1994. January 1996, AL/OE-TR-1996-0004. p. 16.

8. Федотов Н.М., Тягунов А.Е., Нечай Т.В., Сажин А.В. Тепловое воздействие на миокард в области контакта с электродом имплантированного ЭКС во время хирургических вмешательств с использованием электрокоагуляции // Доклады ТУСУРа. 2012. № 2 (26), ч. 1. С. 275–279.

**МОДАЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА  
В МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ С КРУГОВОЙ  
СИММЕТРИЕЙ***А.О. Белоусов, А.М. Заболоцкий*

Предложено совершенствование защиты от сверхкоротких импульсов за счет многопроводных линий передачи с круговой симметрией. Рассмотрены структуры из 2–8 проводников, в которых максимальные амплитуды импульсов разложения в 2–4 раза меньше уровня импульса в начале линии. Результаты показали перспективность исследования многопроводных линий передачи с круговой симметрией.

**Ключевые слова:** многопроводная линия, круговая симметрия, устройство защиты, модальная фильтрация.

Современная электронная аппаратура, основанная на микроэлектронных и микропроцессорных компонентах, имеет широкие функциональные возможности, но повышенную восприимчивость к электромагнитным помехам. Особо опасными представляются кондуктивные помехи, которые могут подаваться и проникать в аппаратуру непосредственно по проводникам. В качестве источников электромагнитных помех активно исследуются сверхкороткие импульсы (СКИ) [1], которые способны вывести аппаратуру из строя.

Для защиты радиоэлектронной аппаратуры от мощного СКИ предложена технология модальной фильтрации, основанная на использовании разложения импульсного сигнала в многопроводных линиях передачи из-за различия задержек мод [2, 3]. Практическая реализация модальной фильтрации представляется возможной на разных структурных уровнях аппаратуры, например с помощью кабелей [4], в виде отдельных блоков, а также компонентов [5], в том числе печатных [6]. Например, представлены общие подходы к созданию печатного модального фильтра в виде связанной линии передачи [7, 8]. Однако в известных исследованиях рассмотрены модальные фильтры, в основном, из двух связанных линий. Модальная фильтрация в многопроводных структурах исследована очень мало.

Известны результаты моделирования микрополосковой линии (МПЛ) из двух, трех и четырех проводников, демонстрирующие разложение исходного импульса, возбуждаемого в начале активного проводника, на 2, 3 и 4 импульса в его конце и уменьшение максимальной амплитуды импульса [5]. Между тем предельные возможности уменьшения амплитуды не выявлены, но это актуально. Предложено совершенствование защиты от СКИ за счет добавления к связанной МПЛ дополнительных проводников до трех-, четырех- и пятипроводной МПЛ, в которых, за счет оптимизации, получены максимальные амплитуды импульсов разложения в 3, 3,6 и 4,5 раза соответственно меньше уровня сигнала в начале линии [9]. Примечателен новый подход к совершенствованию модальной фильтрации за счет зеркального добавления к существующей структуре дополнительных слоев диэлектрика и проводников, так что получается четырехпроводная зеркально-симметричная структура, в которой исходный импульс разлагается на 4 одинаковых импульса в 4 раза меньшей амплитуды [10]. Между тем не исследованы возможности использования многопроводных линий с круговой симметрией для модальной фильтрации. Цель работы – восполнить этот пробел.

При многократных изменениях в диапазоне параметров целесообразно использовать моделирование. Для этого необходимо построить геометрическую модель поперечного сечения многопроводной линии, вычислить матрицы погонных коэффициентов электростатической ( $C$ ) и электромагнитной ( $L$ ) индукций, составить схему для моделирования, задать нагрузки и воздействие, вычислить временной отклик на воздействие в диапазоне параметров. Указанное представляется целесообразным выполнить для многопроводной линии, имеющей 2–8 проводников, расположенных по кругу, в центре которого расположен опорный проводник с диэлектрической оболочкой.

Вычисление параметров и форм сигнала выполнялось в программном продукте TALGAT [11]. Допускалось, что в рассматриваемых линиях распространяются только квази-Т-волны. Потери в проводниках и диэлектриках не учитывались. Радиус всех проводников 0,9 мм, расстояние от центра опорного проводника до центра проводников 2,6 мм, относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика  $\epsilon_r = 5$ . Из матриц  $C$  и  $L$  для каждой линии вычислены векторы погонных задержек мод ( $\tau$ ), матрицы характеристического импеданса ( $Z_C$ ) и собственных векторов ( $S_V$ ). Векторы  $\tau$ , нс/м равны

$$\begin{pmatrix} 4,58 \\ 5,27 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 5,57 \\ 4,49 \\ 4,49 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 5,81 \\ 4,17 \\ 4,5 \\ 4,5 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 6 \\ 4,52 \\ 4 \\ 4,52 \\ 4 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 6,14 \\ 3,85 \\ 3,97 \\ 4,5 \\ 4,5 \\ 3,97 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 6,25 \\ 4,43 \\ 4,43 \\ 3,72 \\ 3,87 \\ 3,87 \\ 3,72 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 6,34 \\ 4,24 \\ 4,24 \\ 3,56 \\ 3,7 \\ 3,59 \\ 3,7 \\ 3,59 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Анализ элементов  $\tau$  показывает совпадение некоторых значений. Это означает одновременный приход мод к концу проводника, а значит наложение импульсов, что препятствует уменьшению максимальной амплитуды импульсов разложения. Причина совпадения связана с круговой симметрией и спецификой диэлектрического заполнения.

Аналитическая оценка возможности модального разложения возможна с помощью выражения для амплитуды импульсов разложения в конце активного проводника при полном согласовании [7]:

$$V = S_V \text{diag}(V_m), \quad (2)$$

где  $V_m = 0,5 \cdot S_V^{-1} \cdot E$ ;  $S_V$  – матрица размера  $N \times N$ , содержащая собственные векторы матрицы  $LC$ ;  $E$  – вектор размера  $N \times 1$ , состоящий из значений амплитуд источников напряжения, где  $N$  – количество проводников. Значения максимальных амплитуд импульсов разложения в конце активного проводника для  $N = 2-8$ , вычисленные аналитически ( $\max(V_A)$ ) при условии, что источник ЭДС амплитудой 5 В подключался между активным и опорным проводниками, приведены в таблице.

**Вычисленные параметры линий**

$N$	2	3	4	5	6	7	8
$\max(Z_C)$ , Ом	72,8	71,6	69,7	67,1	63,3	57,9	49,2
$\max(\Delta\tau)$ , нс/м	0,69	1,08	1,64	2	2,29	2,53	2,78
$\max(V_A)$ , В	1,23	1,66	1,24	0,99	0,83	0,71	0,62
$\max(V_R)$ , В	1,23	1,65	1,24	0,99	0,82	0,7	0,62



Значения волнового сопротивления  $Z_c$  уменьшаются с ростом  $N$ . Можно предположить, что эти амплитуды не изменяются значительно при нагрузках на концах проводников, равных диагональному значению  $Z_c$ , что в свою очередь увеличивает согласование даже при едином значении для всех  $N$ , например 50 Ом.

Максимальные значения разности погонных задержек мод приведены в таблице. Видно, что с ростом  $N$  они увеличиваются, что способствует модальной фильтрации, а именно разложению СКИ большей длительности.

Вычислены формы сигнала в начале и конце активного проводника с резисторами 50 Ом. Вычисленные формы сигналов в начале и конце активного проводника при воздействии импульса для  $N=2-8$ , при  $l=4$  м представлены на рис. 1 длительностями фронта, спада и плоской вершины по 50 пс и амплитудой 5 В.

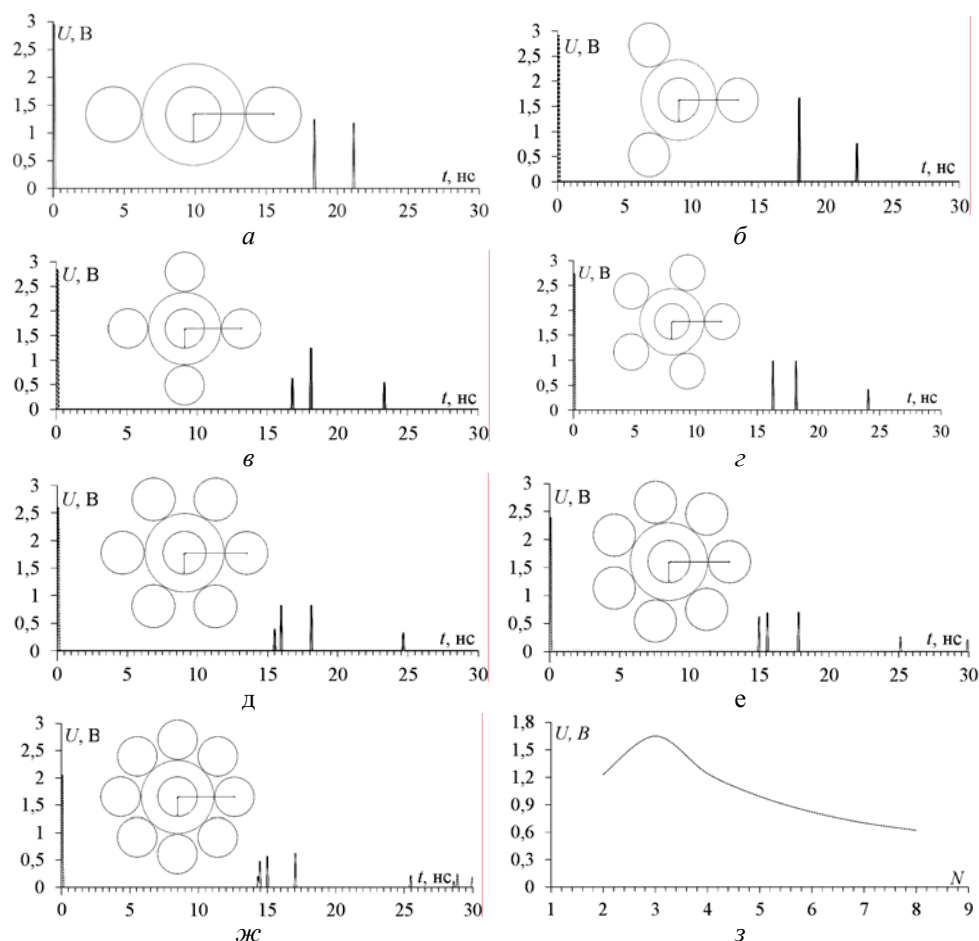


Рис. 1. Поперечные сечения и формы сигнала в начале (---) и конце (—) активного проводника для двух- (а), трех- (б), четырех- (в), пяти- (г), шести- (д), семи- (е) и восьми- (ж) проводных линий с центральным опорным проводником, а также зависимость максимальной амплитуды от количества проводников (з)

Из рис. 1 видно, что к концу активного проводника приходят импульсы разложения исходного импульса. Значения максимальных амплитуд импульсов разложения, из отклика ( $\max(V_R)$ ), представлены в таблице. Видно, что они практи-

чески совпадают с вычисленными аналитически. Этот факт важен, поскольку позволяет проводить в перспективе быструю оптимизацию по аналитической формуле, т.е. без затратного вычисления временного отклика.

В итоге предложено совершенствование защиты от сверхкоротких импульсов за счет многопроводных линий передачи с круговой симметрией. (Полагается, что спектр полезного сигнала не ослабляется модальным фильтром.) Показано, что с ростом числа проводников от 2 до 8 ослабление СКИ возрастает от 2 до 4 раз. В дальнейшем данная структура может быть исследована более досконально. Кроме того, используя подобный подход, могут быть исследованы другие структуры. Результаты показали перспективность исследования многопроводных линий передачи с круговой симметрией, поскольку при добавлении к двухпроводной структуре дополнительных проводников, при одинаковых параметрах, значительно (до 4 раз) уменьшается амплитуда на выходе линии.

Моделирование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-01232) в ТУСУР, алгоритмы и программное обеспечение разработаны в рамках выполнения проектной части государственного задания Минобрнауки РФ при поддержке гранта РФФИ 14-29-09254.

### Литература

1. Исследование функционирования локальной вычислительной сети в условиях воздействия сверхкоротких электромагнитных импульсов / К.Ю. Сахаров, А.А. Соколов, О.В. Михеев и др. // Технологии ЭМС. 2006. № 3 (18). С. 36–45.
2. Газизов Т.Р. Исследование модальных искажений импульсного сигнала в многопроводных линиях с неоднородным диэлектрическим заполнением / Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий, О.М. Кузнецова-Гаджибаева // Электромагнитные волны и электронные системы. 2004. Т. 11, № 11. С. 18–22.
3. Заболоцкий А.М. Теоретические основы модальной фильтрации / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов // Техника радиосвязи. 2014. № 3. С. 79–83.
4. Gazizov T.R. Experimental results on ultra wide band pulse propagation in three-conductor power cables of flat and circular cross sections / T.R. Gazizov, A.M. Zabolotsky, I.E. Samotin // Proceedings of International Siberian conference on control and communications (SIBCON–2009). Russia, Tomsk. March 27–28, 2009. Tomsk, 2009. P. 264–269.
5. Заболоцкий А.М. Временной отклик многопроводных линий передачи / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов. Томск: Том. гос. ун-т, 2007. 152 с.
6. Gazizov T.R. New approach to EMC protection / T.R. Gazizov, A.M. Zabolotsky // Proc. of the 18-th Int. Zurich Symp. on EMC. Germany, Munich. September 24–28 2007. Munich, 2007. P. 273–276.
7. Самотин И.Е. Условие выравнивания амплитуд импульсов на выходе модального фильтра // Технологии ЭМС. М., 2010. № 4(35). С. 31–34.
8. Design of printed modal filters for computer network protection / T.R. Gazizov, I.E. Samotin, A.M. Zabolotsky, A.O. Melkozerov // Proc. of 30-th Int. Conf. on lightning protection. Cagliari, Italy. September 13–17, 2010. P. 1246-1–1246-3.
9. Белоусов А.О. Многопроводная микрополосковая линия как модальный фильтр для защиты от сверхкоротких импульсов / А.О. Белоусов, Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий // Докл. Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. 2015. № 3 (37).

10. Заболоцкий А.М. Использование зеркальной симметрии для совершенствования модальной фильтрации / А.М. Заболоцкий // Докл. Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. 2015. № 2 (36). С. 41–44.

11. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. 2015. № 2 (36). С. 45–50.

УДК 621.396.669.8

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В НОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ**

*Е.Н. Буичкин, П.Е. Орлов*

Предложено совершенствование модальной фильтрации в цепях с резервированием, за счет заполнения зазора между активным и пассивным проводниками. Выполнен квазистатический анализ структур с диэлектрическим заполнением между проводниками и без него. Показано, что такое заполнение сильно влияет на разность погонных задержек четной и нечетной мод: она может сменить знак и увеличить в несколько раз абсолютное значение, что позволяет значительно усовершенствовать модальную фильтрацию. Кроме того, уменьшается амплитуда выходного сигнала.

**Ключевые слова:** связанная линия, модальная фильтрация, погонная задержка.

При создании критичной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) важно обеспечение высокой надежности, главными аспектами которой являются резервирование и электромагнитная совместимость (ЭМС). Актуальность обеспечения ЭМС возрастает, так как аппаратура становится более уязвимой к воздействию кондуктивных и излучаемых помехоэмиссий, поскольку их уровни непрерывно возрастают (с ростом плотности размещения, компоновки и трассировки, а также ростом уровней и частот воздействия), а уровни восприимчивости компонентов снижаются (с уменьшением запаса помехоустойчивости из-за снижения напряжения питания интегральных схем). Известно, что одним из способов обеспечения высокой надежности РЭА является холодное резервирование. Наличие заложенной в неё избыточности позволяет искать пути её рационального использования [1] даже в период штатной работы резервируемой цепи. В частности, актуален поиск способов трассировки печатных трасс для цепей с резервированием, позволяющих увеличить помехозащищенность критичной РЭА [2, 3].

Предложен способ трассировки печатных проводников цепей с резервированием, в котором резервируемые и резервные проводники одноименных цепей располагаются парами, параллельно друг другу, на одном слое, с минимально технологически допустимым зазором [4]. Техническим результатом является уменьшение восприимчивости резервируемой цепи к внешним кондуктивным эмиссиям и уменьшение уровня кондуктивных эмиссий от резервируемой цепи. Результат достигается за счет того, что помеховый сигнал, длительность которого меньше разности задержек четной и нечетной мод в структуре связанной линии, образованной парой проводников, резервируемой и резервной цепей, под-

вергается модальным искажениям: разложению на импульсы меньшей амплитуды (при рассмотрении сигнала во временной области). Одним из достоинств предложенного способа является его простота, но явным его недостатком является низкая эффективность модальной фильтрации. Между тем ее можно легко повысить за счет заполнения зазора между резервным и резервируемым проводниками. Его влияние ранее не исследовалось, но такое исследование актуально, поскольку контроль значения разности погонных задержек позволяет задавать длительность и частоту помехового сигнала, подвергающегося модальной фильтрации. Цель работы – рассмотреть влияние диэлектрического заполнения между резервным и резервируемым проводниками на модальное искажение импульсного сигнала.

Рассмотрим случай, когда роль резервируемой трассы выполняет активный проводник (рис. 1, а), резервирующей трассы – пассивный, а опорный проводник выполнен в виде отдельного слоя. Данная структура обеспечивает разность погонных задержек мод 0,7 нс/м при следующих параметрах:  $d = 900$  мкм, расстояние между проводниками  $s = 100$  мкм, ширина проводников  $w = 300$  мкм, толщина проводников  $t = 65$  мкм, толщина диэлектрической подложки  $h = 510$  мкм, относительная диэлектрическая проницаемость подложки  $\epsilon_r = 4,2$ . Структура с диэлектрическим заполнением зазора между проводниками представлена на рис. 1, б. Она отличается от структуры из рис. 1, а тем, что зазор между активным и пассивным проводниками заполняется диэлектриком, причем с диэлектрической проницаемостью большей, чем у подложки.

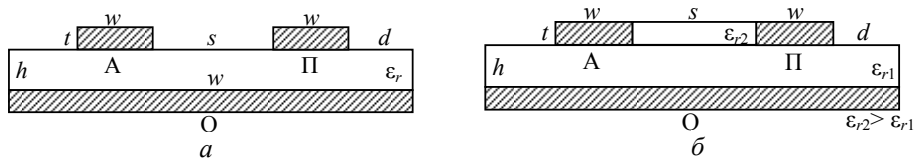


Рис. 1. Поперечные сечения структур без заполнения зазора (а) и с заполнением (б), где проводники А – активный, П – пассивный, О – опорный

Вычисление параметров и форм сигнала выполнялось в программном продукте TALGAT [5], потери в проводниках и диэлектриках не учитывались. Структура представляет собой связанную линию передачи с неоднородным диэлектрическим заполнением в поперечном сечении. Следовательно, в ней могут распространяться две моды с соответствующими им характеристиками. Для выполнения анализа вычислены погонные задержки мод и их разность (рис. 2) при  $\epsilon_{r2} = 1, 3 \dots 29$ . Разность погонных задержек увеличилась с минус 0,7 до 4,1 нс/м (в 5,9 раза), а переход через ноль свидетельствует о том, что нечетная мода будет обладать большей задержкой, чем четная.

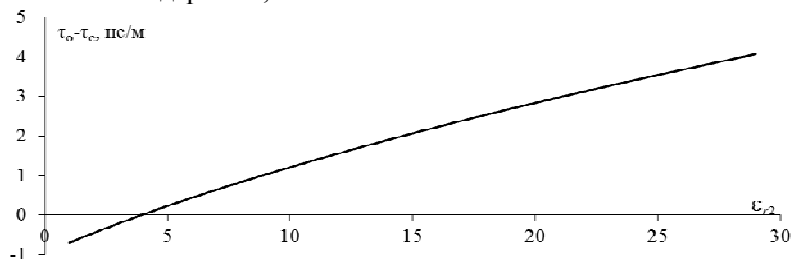


Рис. 2. Зависимость разности погонных задержек мод от относительной диэлектрической проницаемости заполнения зазора



Выполнено квазистатическое моделирование временного отклика на ближнем и дальнем концах резервируемой трассы (точки  $V1$  и  $V3$  на рис. 3). Значение сопротивлений на концах отрезков выбрано равным среднему геометрическому волновых сопротивлений четной и нечетной мод, длина линии 1 м. Источник импульсной помехи представлен идеальным источником ЭДС (длительности фронта, спада и плоской вершины выбраны равными по 0,1 нс, так что  $t_{\Sigma} = 0,3$  нс, а амплитуда – 2 В). Отклики для крайних значений  $\epsilon_{r2}$  приведены на рис. 4. Видно, что в обоих случаях к концу линии приходят два импульса с равными амплитудами. При  $\epsilon_{r2} = 1$  (заполнения зазора нет) амплитуда импульсов равна 0,47 В, а при  $\epsilon_{r2} = 29$  она на 10% меньше – 0,42 В. Из отклика видно, что при  $\epsilon_{r2} = 29$  может разлагаться гораздо более широкий импульс. В случае подачи импульсной помехи между пассивным и опорным проводниками на дальнем конце активного проводника будет наблюдаться аналогичный временной отклик. Результаты вычисленных частотных откликов (рис. 5) показывают, что частота первого нуля в спектре сигнала структуры с  $\epsilon_{r2} = 29$  в 6 раз меньше, чем при  $\epsilon_{r2} = 1$ .

Таким образом, в работе выполнено моделирование структур с диэлектрическим заполнением между активным и пассивным проводниками для совершенствования модальной фильтрации в цепях с резервированием. Результаты моделирования показывают, что изменение значения диэлектрического заполнения зазора между трассами влияет на разность погонных задержек четной и нечетной мод структуры, позволяя контролировать ее значение. Для рассмотренной структуры разность погонных задержек мод может быть в 5,9 раза больше, чем в структуре без заполнения. Это позволяет во столько же раз увеличить длительность (при рассмотрении во временной области) помехового сигнала, для которого возможно модальное разложение, а также задавать частоты резонансов (при рассмотрении в частотной области). Отдельно стоит отметить, что увеличение значения относительной диэлектрической проницаемости заполнения приводит к уменьшению амплитуд помехового сигнала.

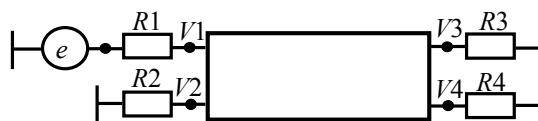


Рис. 3. Принципиальная схема для моделирования

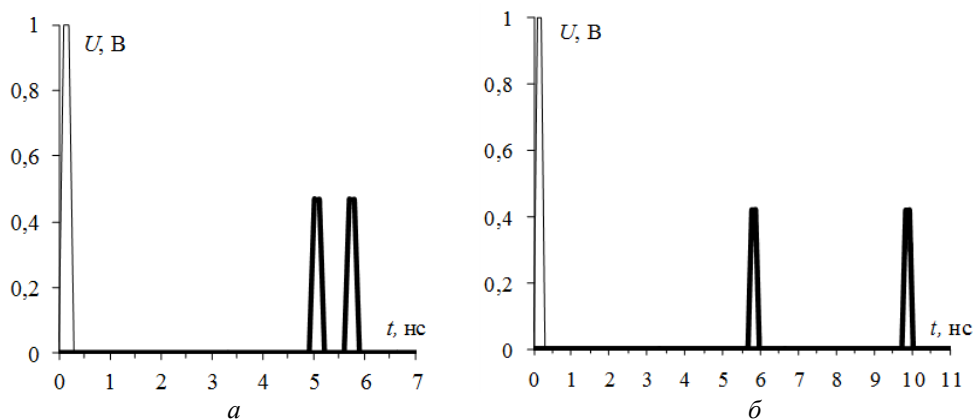


Рис. 4. Формы сигнала в начале (–) и конце (–) резервируемой линии при  $\epsilon_{r2} = 1$  (а) и  $\epsilon_{r2} = 29$  (б)

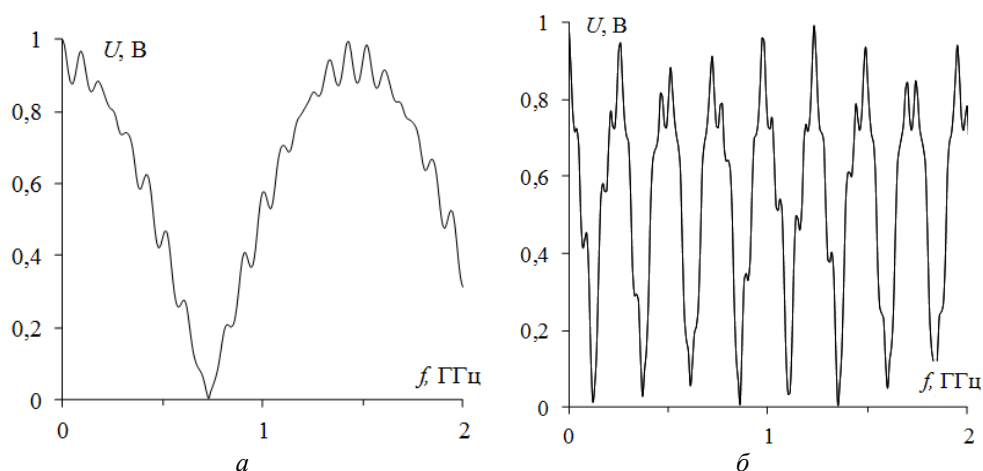


Рис. 5. Частотный отклик на гармоническое воздействие при  $\epsilon_{r2} = 1$  (а) и  $\epsilon_{r2} = 29$  (б)

Моделирование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-01232) в ТУСУРе, алгоритмы и программное обеспечение разработаны при поддержке гранта РФФИ 14-29-09254.

### Литература

1. Орлов П.Е. Уменьшение электромагнитного поля цепей с резервированием трасс / П.Е. Орлов, Т.Р. Газизов // *Авиакосмическое приборостроение*. 2011. № 11. С. 3–6.
2. Новая концепция повышения помехозащищённости цепей с резервированием бортовой аппаратуры космических аппаратов / П.Е. Орлов, Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий, Е.Н. Буичкин // *Всерос. науч.-практ. конф. «Космодром «Восточный» и перспективы развития российской космонавтики»*. Москва; Благовещенск, 2015. Июнь. С. 97–99.
3. Gazizov T.R., Orlov P.E., Zabolotsky A.M., Kuksenko S.P.. New Concept of Critical Infrastructure Strengthening // *Proc. of the 13th Int. Conf. of Numerical Analysis and Applied Mathematics*. Sept. 23–29, 2015. Rhodes. Greece. P. 1–3.
4. Новый способ трассировки печатных проводников цепей с резервированием / Т.Р. Газизов, П.Е. Орлов, А.М. Заболоцкий, Е.Н. Буичкин // *Докл. Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники*. 2015. № 3(37). С. 129–131.
5. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куksenko, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // *Докл. Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники*. 2015. № 2 (36). С. 45–50.

УДК 621.391.827.2

### УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ПЕРЕКРЕСТНЫХ ПОМЕХ В МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ

*В.Н. Федоров*

Предложен способ подавления перекрестных помех путем подключения многопроводной линии связи к источникам/приемникам через трансформатор мод электромагнитных волн, выполненный на многообмоточных трансформаторах. В результате каждый абонент передает/принимает сигналы

только на своем типе мод. Описан трансформатор мод, приведены экспериментальные результаты и расчет для 2-парной линии связи.

**Ключевые слова:** многопроводные линии связи, подавление перекрестных помех, преобразователь мод.

Использование многопроводных линий связи для передачи на достаточно большие расстояния (сотни метров) на скоростях свыше 100 Мбит/с практически невозможно из-за сильной электромагнитной связи между парами. Использование скрутки уже не позволяет улучшить характеристики кабелей, состоящие из витых пар, они подошли к своему пределу [1]. Для увеличения скорости передачи данных разработчики вынуждены переходить от последовательной к параллельной передаче данных, использовать многоуровневую модуляцию.

**Матрица передачи многопроводной ЛС.** Матрица передачи многопроводных связанных линий, в которых распространяются квази-Т-волны различных типов (мод), записана, например, в работах [2, 3]. На этих модах теоретически возможна передача/прием сигналов, причем они не будут влиять друг на друга.

В работе [3] было показано, что матрицу передачи ЛС  $[a]$  можно представить в виде произведения трех матриц:

$$[a] = [a]_T \cdot [a]_d \cdot [a]_T^{-1}, \quad (1)$$

где  $[a]_T$  – матрица передачи трансформатора мод;  $[a]_d$  – матрица передачи несвязанных линий (мод).

Матрица  $[a]_T$  записывается следующим образом:

$$[a]_T = \begin{bmatrix} \mathbf{K} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{K} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где для симметричных ЛС с четным числом пар проводов коэффициенты матрицы  $\mathbf{K}$  являются элементами ортогональной матрицы Адамара и принимают значения +1 и –1. Для симметричных ЛС с нечетным числом пар проводов эти коэффициенты являются элементами ортогональной матрицы Белевича и принимают значения 0, +1 и –1.

Для 2-, 3- и 4-парных ЛС, матрицы  $\mathbf{K}$  запишутся:

$$\mathbf{K}_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{K}_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{K}_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где  $\mathbf{K}_3$  – матрица Белевича,  $\mathbf{K}_{2,4}$  – матрицы Адамара.

Из (1) следует, что если по концам ЛС подключить устройства, матрицы передачи которых равны  $[a]_T$  и  $[a]_T^{-1}$ , то передача будет идти только на несвязанных линиях [4]:

$$[a]_T^{-1} \cdot [a] \cdot [a]_T = [a]_T^{-1} \cdot [a]_T \cdot [a]_d \cdot [a]_T^{-1} \cdot [a]_T = [a]_d. \quad (4)$$

Матрица трансформатора мод  $[a]_T$  для 2-парной ЛС запишется

$$[a]_T = \begin{bmatrix} \mathbf{K}_2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{K}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

**Модель многопроводной ЛС с устройствами подавления.** В среде Mathcad был проведен расчет рабочих характеристик системы, содержащей трансформаторы мод, подключенные по концам кабеля длиной 305 м, содержащих 2-, 3-, 4-парные ЛС и без них.

На рис. 1 приведена частотная зависимость параметра NEXT 4-парной ЛС, где NEXT1 – с трансформаторами мод (нижняя кривая), NEXT2 – без трансформаторов мод (верхняя кривая).

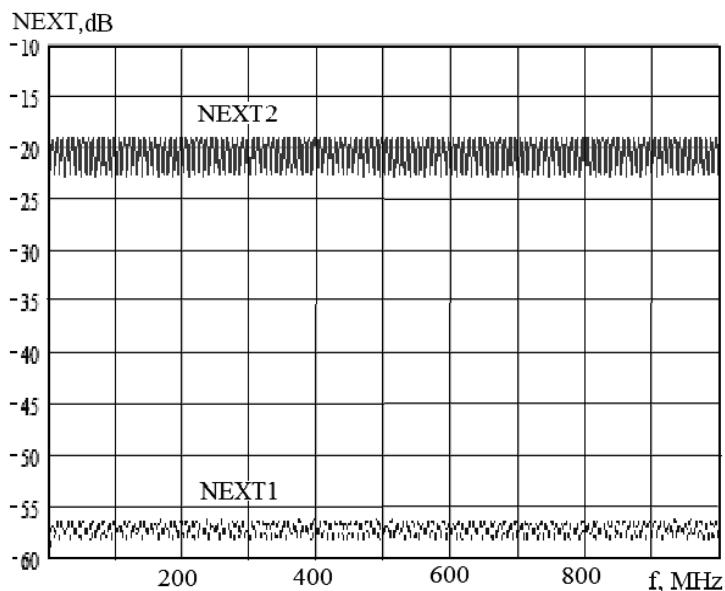


Рис. 1. Частотная зависимость параметра NEXT 4- парной ЛС, где NEXT1 – с трансформаторами мод (нижняя кривая), NEXT2 – без трансформаторов мод (верхняя кривая)

Использование трансформаторов мод также уменьшает потери в ЛС до 4–6 дБ (рис. 2), тогда как без них потери составляют 9–11 дБ.

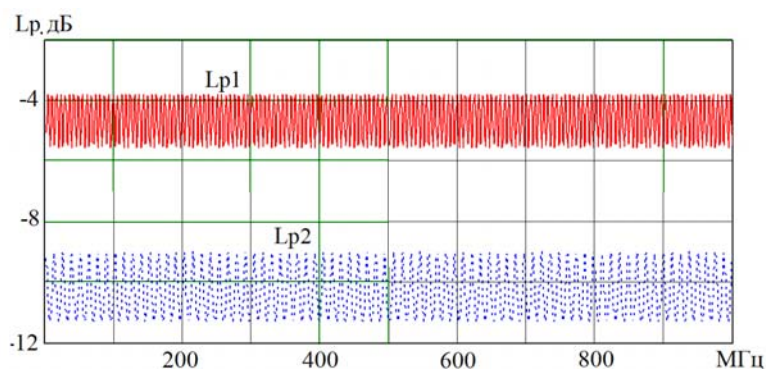


Рис. 2. Частотная зависимость потерь  $L_p$  4-парной ЛС, где  $L_{p1}$  – с трансформаторами мод (верхняя кривая);  $L_{p2}$  – без трансформаторов мод (нижняя кривая)

**Экспериментальные исследования.** На рис. 3 показана схема подключения трансформаторов мод к 2-парной ЛС.

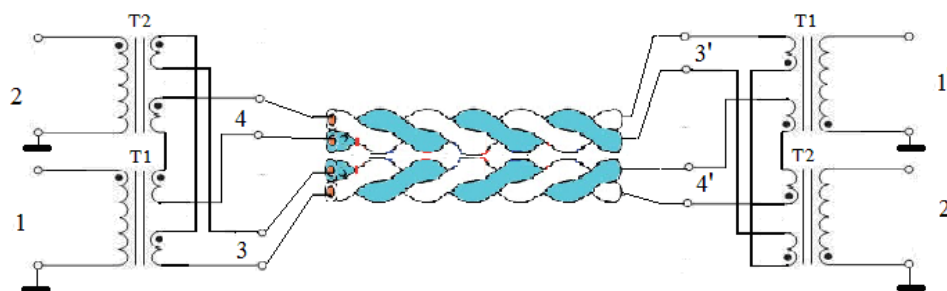


Рис. 3. Схема подключения трансформаторов мод к 2-парной линии связи, T1, T2 – трансформаторы

На рис. 4 приведена фотография макета такого устройства, где в качестве сердечников трансформаторов T1 и T2 используются ферритовые кольца. Очевидно, что при обратном подключении устройства оно имеет матрицу передачи  $[a]_T^{-1}$ .

Для экспериментальных исследований был выбран кабель КСПВ-4×0,4 длиной 50 м, нагруженный по концам на резисторы 90 Ом. На вход 1 от генератора Г5-54 подавался прямоугольный импульс с амплитудой 1 В длительностью 200 нс. На выходе 2 сигнал регистрировался осциллографом GDS-70162. Затем

трансформаторы мод отключались, и сигнал с генератора подавался на вход 3, а осциллограф подключался к входу 4.

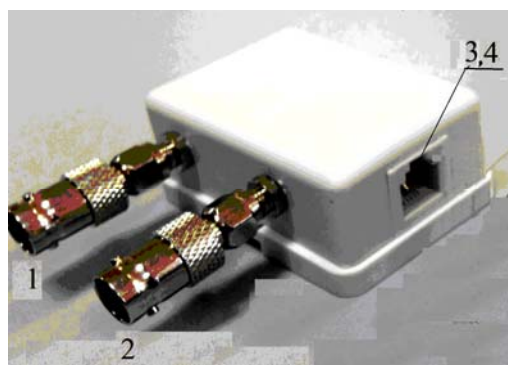


Рис. 4. Макет трансформатора мод, где 1, 2 – гнезда GSA-11 (входы 1, 2); 3, 4 – гнездо RJ-11 (выходы 3, 4)

На рис. 5 приведены осциллограммы сигналов на входе 2 (ближний конец) с трансформаторами мод и входе 4 без них.

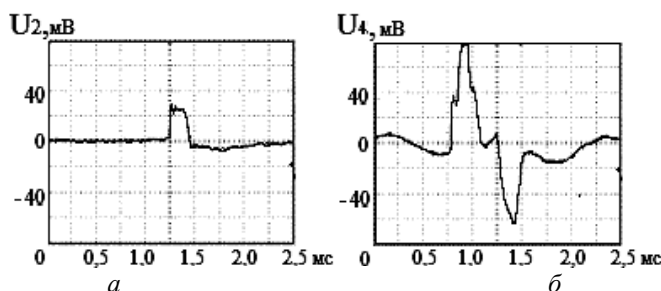


Рис. 5. Осциллограммы сигналов:

а – на входе 2 с трансформаторами мод; б – на входе 4 без трансформаторов мод

Из осциллограмм видно, что полного подавления помех на ближнем конце кабеля не происходит. Это вызвано тем, что трансформаторы с ферритовыми

сердечниками имеют нелинейный коэффициент трансформации и в области высоких частот низкий коэффициент передачи. Кроме того, расчеты показали, что даже незначительное отклонение погонных параметров кабеля от их симметричности приводит к значительному уменьшению положительного эффекта от применения трансформаторов мод.

**Заключение.** Таким образом, предложенный способ подавления перекрестных помех в ЛС позволит после доработки эффективно и достаточно просто подавить перекрестные помехи, не требуя априорного знания параметров сигнала, наличия опорного сигнала, упростить их производство и существенно увеличить скорость передачи и дальность связи по существующим многопроводным линиям связи.

#### **Литература**

1. Вишняков В., Хвостов Е. Скрутка пар и перекрестные помехи //Кабель-news. 2010. №10 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://http://kabel-news.ru/issue/articles/articles\\_832.html](http://http://kabel-news.ru/issue/articles/articles_832.html), свободный (дата обращения: 24.09.2015).
2. Малютин Н.Д. Многосвязные полосковые структуры и устройства на их основе / Н.Д. Малютин. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1990. 164 с.
3. Малютин Н.Д., Лощилов А.Г., Семенов Э.В. Квази-Т-волны в комбинированных структурах на основе нерегулярных линий передачи с сосредоточенными неоднородностями // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2005. № 4 (12). С. 2–48.
4. Федоров В.Н. Исследование волновых процессов в связанных полосковых линиях и разработка на их основе быстродействующих аттенюаторов и динамических корректоров: дис. ... канд. техн. наук / В.Н. Федоров. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектр-ки. 1999. 169 с.
5. Федоров В.Н. Патент 145020 (РФ). Устройство для подавления перекрестных помех в многопроводных линиях связи. Оpubл. в Б.И. 2014. № 25.

УДК 504.055

#### **ПОРТАТИВНЫЙ ДАТЧИК НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ**

***Н.В. Каргаполова, М.Е. Комнатнов***

Разработана схема портативного датчика напряженности электрического поля в частотном диапазоне от 3,5 до 500 МГц. Динамический диапазон составляет 92 дБ. Согласно описанной схеме, состоящей из двух функциональных узлов, разработана печатная плата и выполнена её сборка. Приведены результаты моделирования электрических параметров датчика.

**Ключевые слова:** датчик напряженности электрического поля, логарифмический усилитель, аналого-цифровой преобразователь, патч-антенна.

В связи с повышением верхней частоты спектра используемых сигналов и увеличением плотности монтажа электрорадиоизделий на печатной плате в настоящее время становится всё более сложно предсказать электромагнитные излучения от различных радиоэлектронных средств и их воздействия на окружающую среду и человека. В целях обеспечения экологической безопасности воз-

ника острая необходимость в исследовании влияния подобных электромагнитных полей (ЭМП), необходимым инструментом при измерении которых являются измерители напряженности электрического поля. Последние исследования и разработки свидетельствуют о том, что измерители напряженности электрического поля нашли широкое применение в технике и медицине для проведения обследований пациентов (электрокардиография, электромиография, электроэнцефалография и электроокулография), а также для медицинских исследований в области влияния ЭМП на живые ткани [1]. Для подобных целей в области биомедицины [2] и техники [3] разрабатывается климатическая экранированная камера, с помощью которой возможно будет проводить исследования биологических объектов, применяя специальные инструменты [4]. В ходе проведения подобных исследований важно контролировать уровень как внешнего (воздействующего на камеру), так и внутреннего (внутри ТЕМ-ячейки) ЭМП. В частности, актуально расширение диапазона частот, а также динамического диапазона датчиков напряженности электрического поля. При этом важна портативность таких датчиков, чтобы их можно было использовать в качестве внешних и внутренних, в т.ч. в различных специальных устройствах. Например, актуальна разработка датчика напряженности электрического поля для измерения уровня ЭМП в климатической экранированной ТЕМ-камере [5].

Цель работы – создать портативный датчик для измерения напряженности электрического поля.

Разработана структурная схема датчика напряженности электрического поля (рис. 1). Чувствительным элементом является антенна [6], сигнал с которой поступает на входную цепь, согласующую антенну со входом детектора, в полосе частот до 500 МГц. Сигнал с детектора поступает на вход аналогово-цифрового преобразователя (АЦП). После оцифровки с требуемой точностью сигнал может быть записан в память микроконтроллера (МК) или выведен по шине I<sup>2</sup>C или SPI на дальнейшую цифровую обработку и/или хранение. В качестве источника питания выбран гальванический элемент напряжением 1,5 В, требуемое напряжение 5 В формируется при помощи DC/DC-преобразователя и линейного стабилизатора.

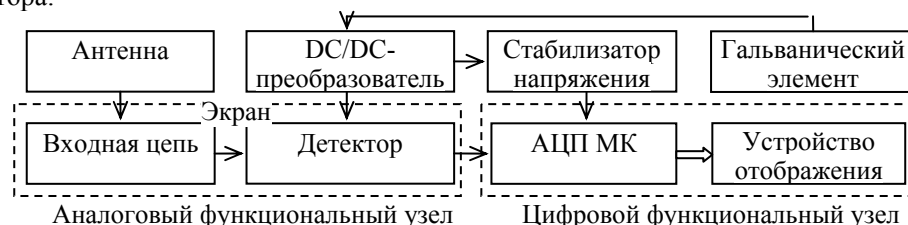


Рис. 1. Структурная схема датчика напряженности электрического поля

Разработана электрическая принципиальная схема датчика напряженности электрического поля (рис. 2). В качестве детектора выбран логарифмический усилитель-детектор (ЛУ) в интегральном исполнении AD8307, который при измерении амплитуды напряженности электрического поля обеспечивает динамический диапазон (ДД) до 92 дБ, в диапазоне частот до 500 МГц. Сигнал от антенны поступает на детектор, через частотно-зависимый делитель R1, R2, R4, C1, C3, предназначенный для согласования входного сопротивления ЛУ (1,1 кОм) с 50-омным трактом. Граничная частота входного фильтра выбрана достаточно высокой – 3,455 МГц, чтобы свести к минимуму влияние нежелательных низко-

частотных сигналов. ЛУ содержит операционные усилители, детектор и ФНЧ. С выхода ЛУ протектированный сигнал поступает на цифровой узел, главным элементом которого является МК ATSAM20G16A-AU с 12-разрядным АЦП, который оцифровывает и записывает его в постоянную память емкостью 64 К. В качестве источника используется гальванический элемент питания напряжением 1,5 В. Для формирования требуемого напряжения питания аналогового узла датчика 5 В используется DC/DC-преобразователь NCP1450ASN50T1. Поскольку для работы МК требуется стабилизированное напряжение меньше 5 В, в цепи питания предусмотрен стабилизатор напряжения на 3,3 В (AP7333), которым обеспечивается нормальный режим работы МК.

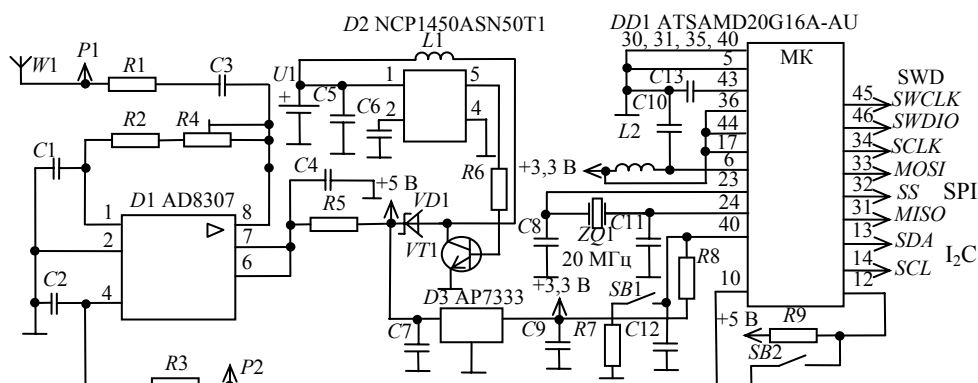


Рис. 2. Принципиальная схема датчика напряженности электрического поля

Кварцевый резонатор выбран таким образом, чтобы обеспечить достаточно эффективное разрешение и скорость преобразования для АЦП с 12-битной точностью. По техническим данным значение частоты кварцевого резонатора не может превышать 48 МГц и может быть получено с помощью делителя тактовой частоты МК с коэффициентами деления от 1 до 7. Выбран кварцевый резонатор HC49SMD на рабочую частоту 20 МГц, при этом частота дискретизации АЦП составила 156,25 кГц с шагом квантования 805,8 мкВ. Согласно техническим характеристикам, АЦП выбранного МК может выполнять преобразование с разрядностью до 16 бит с применением оверсемплинга и децимации. Таким образом, при необходимости можно получить шаг квантования 50,3 мкВ, что повысит точность измеряемых данных.

В программе Multisim выполнено моделирование аналогового узла датчика. В качестве модели ЛУ выбрана библиотечная модель микросхемы AD8310ARM, которая является аналогом AD8307 и отличается ДД (95 дБ) и диапазоном рабочих частот (до 440 МГц). В качестве воздействия выбран АМ-сигнал. Форма сигнала на выходе аналогового узла представляет собой его огибающую в логарифмическом масштабе (рис. 3). Время нарастания сигнала при моделировании отклика на импульсное воздействие составляет 18,817 нс, а длительность спада сигнала – 31,25 нс, т.е. инерционность цепи становится заметна на частотах ниже 56 МГц. Таким образом, результаты моделирования свидетельствуют о возможности применения схемы аналогового узла датчика для решения задач детектирования, согласования и обеспечения требуемого динамического диапазона и точности.



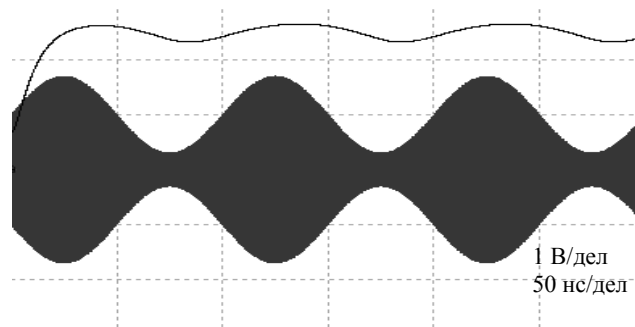


Рис. 3. Результаты моделирования

Согласно разработанной принципиальной схеме выполнены компоновка и трассировка платы (рис. 4, а). На верхнем слое размещены компоненты, нижний слой отведен под сплошной полигон земли. Для печатной платы выбран материал СТФ-2-2-18-0,25, с  $\epsilon_r = 4,3$ . В программе TALGAT [7] рассчитана ширина 0,48 мм сигнальных трасс для согласования с 50-омным трактом. На входе и выходе аналогового узла схемы были установлены SMA соединители для подключения прибора, позволяющего настроить параметры цепи (рис. 4, б).

Вторым вариантом конструкции печатной платы является конструкция портативного датчика (рис. 4, в). Она состоит из многослойной платы с внутрислойными вырезами и экранирующей крышки. Вырезы в слоях необходимы для размещения в них корпусов планарных компонентов, которые располагаются на соседних слоях. Таким образом, достигается миниатюризация габаритов датчика.

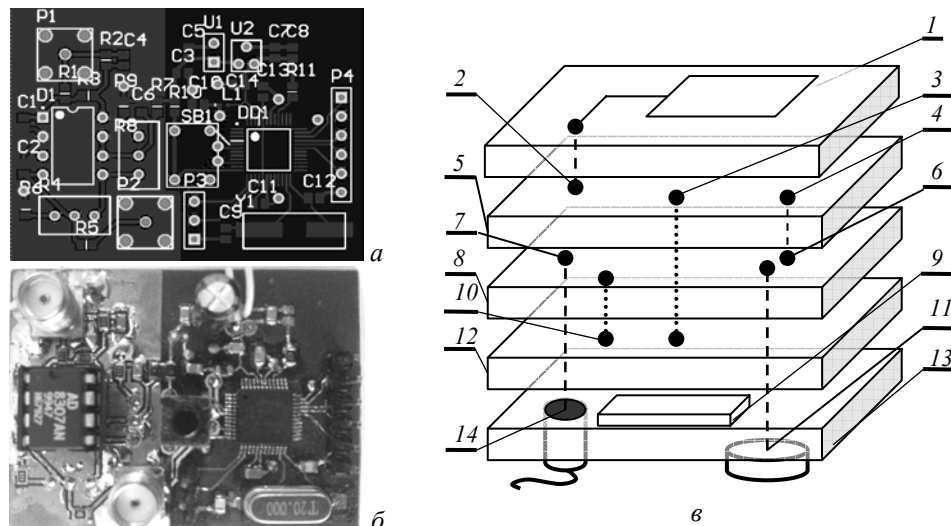


Рис. 4. Трассировка и расположение компонентов (а) на макете (б) и возможный вариант исполнения портативного (в) датчика напряженности электрического поля:

- 1 – чувствительный элемент (первый и второй слои); 2 – вход аналогового узла;
- 3 – питание +5 В; 4 – выход аналогового узла; 5 – третий и четвертый слои аналогового узла; 6 – вход цифрового узла; 7 – выход цифрового узла;
- 8 – пятый и шестой слои цифрового узла; 9 – гальванический элемент питания;
- 10 – напряжение питания +3,3 В; 11 – кнопка; 12 – седьмой и восьмой слой питания;
- 13 – экранирующий корпус; 14 – соединитель, вывод данных

Первый и второй слои предназначены для размещения на них чувствительного элемента. На третьем слое располагается аналоговый узел, а четвертый слой служит полигоном земли. Через сквозные металлизированные отверстия сигналы с выхода ЛУ поступают на пятый слой на котором расположен МК, шестым слоем является полигон земли. Питание цифрового и аналогового узлов осуществляется гальваническим элементом с напряжением питания 12 В. Для этого седьмой или восьмой слой печатной платы покрывают сплошным полигоном, к которому через DC/DC-преобразователь подключен гальванический элемент. Следующий слой подключают аналогично предыдущему, но на 3,3 В для питания элементов цифрового узла. Соединитель, предназначенный для вывода информации на устройство отображения, также как и кнопка, соединен с соответствующими блоками схемы и выведен с внешней стороны через экранирующий корпус. Вторая конструкция при надежной реализации дает существенные преимущества. Во-первых, она является портативной и малогабаритной. Во-вторых, позволяет разделить цифровую и аналоговую земли, уменьшив цифровые помехи, а также наводки, за счет использования земляных полигонов как экранирующих пластин между двумя узлами.

Таким образом, создан датчик для измерения напряженности электрического поля от минус 57 до плюс 22,5 дБм, в диапазоне частот от 3,5 до 500 МГц, при температуре эксплуатации от минус 40 до плюс 85 °С. Датчик может быть запитан от миниатюрного гальванического источника питания напряжением 1,5 В, максимальный ток потребления датчика не превышает 15 мА, что делает датчик легким и портативным. Отличительной особенностью датчика являются его малые габариты и возможность записи данных во внутреннюю память МК. Это может быть использовано, например, при совместной записи данных об уровне напряженности электрического поля и координат местности, что делает его удобным инструментом для исследования уровня воздействия электромагнитного поля на человека в конкретном его местонахождении. Также датчик может быть использован в климатической экранированной камере, для измерения электромагнитной обстановки, внутри которой установлена камера, или для измерения напряженности электрического поля поперечной электромагнитной волны внутри ТЕМ-ячейки камеры.

Дальнейшее совершенствование датчика может быть за счет применения ЛУ с более широким ДД и диапазоном частот, что позволит увеличить верхнюю частоту так и расширить мощность измеряемых сигналов. Также включение свободных портов для настройки и регулировки позволит избавиться от регулировочных компонентов схемы.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 8.1802.2014/К Министерства образования и науки Российской Федерации.

### **Литература**

1. Busygina A.V., Komnatnov M.E., Matveyenko O.A. Problems of Investigations in Sphere of Electromagnetic Fields Impact on Biological Objects // 2015 International Conference on Biomedical Engineering and Computational Technologies (SIBIRCON), Novosibirsk, Russia, 28–30 October, 2015 (in press).
2. Komnatnov M.E., Gazizov T.R. Environmental Shielded TEM Chamber for Biomedical Testing // IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications (IMWS-BIO). London, England. 8–10 December 2014. P. 1–4.

3. Комнатнов М.Е., Газизов Т.Р. Камера для совместных климатических и электромагнитных испытаний электронных компонентов // Техника радиосвязи. 2014. Т. 23, вып. 3. С. 84–91.

4. Komnatnov M.E., Busygina A.V. Module for Visual Control of in vitro Results of the Joint Impact of Climatic and Electromagnetic Factors on Living Tissue // 16<sup>th</sup> International Conference on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2015. Erlagol, Altai, 29 June – 3 July 2015. P. 576–579.

5. Han-Nien Lin, Chung-Wei Kuo, Jhih-Min Liao, Jian-Li Dong. Design of TEM cell and high sensitive probe for EMI analysis of built-in Webcam module // IEEE Electrical Design of Advanced Packaging & Systems Symposium (EDAPS). 2010. P. 1–4.

6. Guanghua Li, Itou K., Katou Y. et al. A Resonant E-Field Probe for RFI Measurements // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. 2014. Vol. 56, № 6. P. 1719–1722.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015614365. TALGAT 2013 / Газизов Т.Р., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Т., Куксенко С.П., Заболоцкий А.М., Газизов Р.Р., Лежнин Ев.В., Салов В.К., Лежнин Ег.В., Орлов П.Е., Калимулин И.Ф., Суровцев Р.С., Комнатнов М.Е., Ахунов Р.Р., Новикова Е.А. Заявка № 2015611288. Дата поступления 03 марта 2015 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 16 апреля 2015 г.

УДК 004.7

### **НОВЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ КВ-РАДИОСВЯЗИ В СИСТЕМЕ МЧС РОССИИ**

*О.С. Каймонов, Т.Т. Газизов*

Рассмотрены особенности использования антенных систем для КВ-радиосвязи МЧС России. Предложен новый подход к обеспечению бесперебойной радиосвязи за счет структурно-параметрической оптимизации антенн с полосозапирающими фильтрами. Рассмотрен общий подход и приведен частный пример его использования. Описаны возможности разных видов оптимизации для синтеза оптимальной КВ-антенны.

**Ключевые слова:** антенна, КВ-радиосвязь, оптимизация.

Основу системы связи МЧС России составляет комплекс взаимоувязанных стационарных и подвижных узлов связи пунктов управления, каналов и линий связи МЧС России и единой сети электросвязи Российской Федерации, обеспечивающих обмен различными видами информации. Система связи МЧС России построена по радиально-узловому принципу, состоит из стационарной и мобильной компонент, включающих открытую и защищенную составляющие. Техническую основу системы связи составляют современные комплексы и средства связи, автоматизированного управления и оповещения. Особую роль для обеспечения радиосвязи МЧС России играют приемопередающие антенные системы для КВ-радиосвязи. Между тем с ними связаны следующие технические аспекты:

1. Частоты, выделенные для КВ-радиосвязи в Сибирском ФО, находятся в узком диапазоне (2–3 МГц ночью, 4–7 МГц днем) и их количество ограничено.

2. Антенно-фидерные устройства (АФУ) развернуты в городах и населенных пунктах (возможны электромагнитное воздействие, застройка высотными зданиями, наличие промышленных объектов и т.п.).

3. Требуется гарантированное обеспечение радиосвязи по направлениям с различными корреспондентами, используя лишь одно АФУ.

4. Бесперебойное обеспечение радиосвязи при различных видах ЧС, а также в различных временных и климатических условиях.

5. Наряду с новыми образцами для организации радиосвязи используется техника связи старого парка (КШМ Р-142 и аналоги).

6. В подразделениях ФПС МЧС России нет штатных специалистов связи.

Для организации бесперебойной КВ-радиосвязи в системе МЧС России целесообразно провести комплекс мероприятий по модернизации имеющихся АФУ и точной настройки их на выделенный диапазон рабочих частот. Поэтому разработка и использование новых подходов к совершенствованию АФУ весьма актуальны.

Цель данной работы – представить новый подход к обеспечению бесперебойной КВ-радиосвязи в системе МЧС России: проектирование оптимальных АФУ за счет включения полосозапирающих фильтров (ПЗФ) и структурно-параметрической оптимизации.

Сложность и большое количество параметров АФУ требуют тщательного моделирования до изготовления. Поэтому особое внимание необходимо уделить структурной и параметрической оптимизации на этапе моделирования АФУ. В связи с большим количеством характеристик, которые необходимо оптимизировать, предлагается использовать поэтапную многокритериальную оптимизацию отдельных элементов АФУ в большом диапазоне изменения параметров, после чего проводить комплексную структурно-параметрическую оптимизацию всей системы в более узком диапазоне изменения параметров. В качестве алгоритмов оптимизации предлагается использовать глобальные методы оптимизации, например генетические алгоритмы (ГА), как наиболее популярный и часто используемый подход к решению подобных задач. Общий подход к проектированию оптимальных систем связи состоит из следующих этапов:

1. Эмпирический этап. Анализ необходимых требований, учет особенностей геометрии и условий работы системы связи, исследование наиболее близких аналогов.

2. Отдельная многоэтапная оптимизация с помощью ГА каждого элемента системы связи: параметрическая, структурная, структурно-параметрическая.

3. Комплексная многокритериальная структурно-параметрическая оптимизация с помощью ГА всех элементов системы связи.

4. Экспериментальная доводка. Этот этап обусловлен объективными причинами неточности моделирования: методы являются приближенными, модели являются неточными, возможны трудноучитываемые отличия исходных параметров от реальных.

Данный подход частично использован для оптимизации одного из параметров четырехпроводной антенной системы. Одним из ключевых параметров любой антенны является коэффициент стоячей волны (КСВ), отражающий согласование антенны с кабелем. Поэтому часто требуется его максимальное уменьшение в диапазоне рабочих частот, одним из способов которого является включение в структуру антенны нагрузок в виде ПЗФ. Например, такой подход использован для снижения КСВ реальной быстроразворачиваемой четырехпроводной антен-

ны для связи в декаметровом диапазоне [1]. (При этом расположение и оптимизация параметров ПЗФ в структуре осуществлены за счет использования генетических алгоритмов [2]. Ускорение моделирования возможно за счет уменьшения времени решения систем линейных алгебраических уравнений итерационными методами [3].) Требовалось создание широкополосной антенны с  $K_{СВ} < 5$  в диапазоне частот 1–30 МГц при заданных исходных размерах и геометрии антенны. Сначала выполнено моделирование одного из вариантов геометрии антенны, оптимизированы параметры и расположение фильтров в проводах антенны (рис. 1).

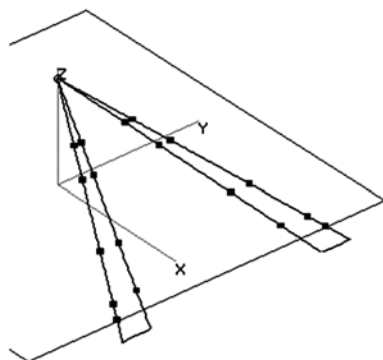


Рис. 1. Геометрия антенны после оптимизации параметров и расположения фильтров в проводах антенны

Расчетный КСВ антенны без нагрузок показан на рис. 2. Как видно,  $K_{СВ} < 5$  от 13 до 30 МГц. По расчетам построена реальная антенна с нагрузками и измерен её КСВ. Расчетный и экспериментальный КСВ антенны с нагрузками показаны на рис. 3. Как видно,  $K_{СВ} < 5$  от 1 до 30 МГц, что соответствует техническому заданию. Очевидно, что включение ПЗФ заметно улучшает КСВ в требуемом диапазоне частот. Сходство расчетных и экспериментальных данных удовлетворительно. Таким образом, оптимизация расположения и параметров ПЗФ позволяет значительно улучшить КСВ антенны, не меняя её структуру и геометрические размеры.

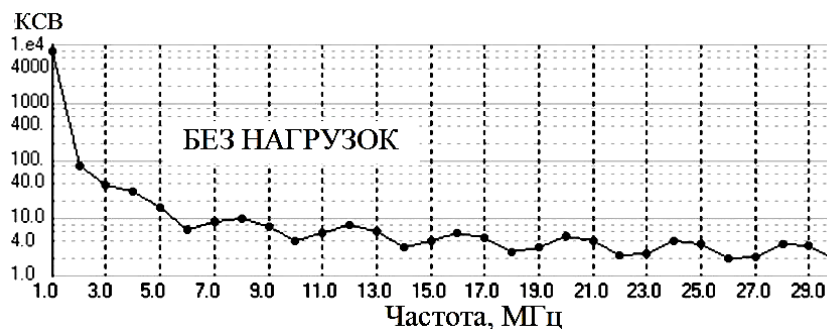


Рис. 2. Расчетный КСВ антенны без нагрузок

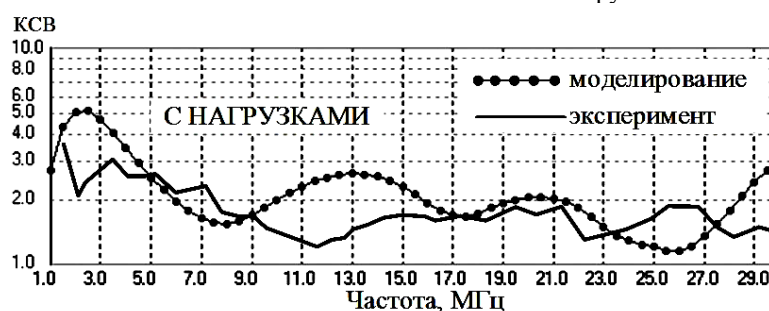


Рис. 3. Расчетный и экспериментальный КСВ антенны с нагрузками

Отметим отличие трёх упоминавшихся видов оптимизации и их возможности для синтеза оптимальной КВ-антенны:

1. Параметрическая оптимизация позволяет получить оптимальные (по заданным критериям) параметры заданной структуры. Это могут быть параметры: проводов антенны (диаметр провода, три координаты начала и конца каждого из отрезков проводов); ПЗФ фильтров в проводах антенны (значения сопротивлений, индуктивности и емкости каждого из фильтров); параметры элементов устройства, согласующего фидер и антенну (значения сопротивлений, индуктивностей, параметров трансформаторов и емкостей согласующего устройства). Примечательно, что при оптимизации можно получать не только точное, но трудно реализуемое на практике значение параметра (за счет реального кодирования), но и заданное значение, например из ряда номинальных (доступных) значений (за счет бинарного кодирования).

2. Структурная оптимизация дает возможность выполнять синтез новых структур, за счет наличия или отсутствия отдельных элементов в структуре, что позволяет получить структуры, которые невозможно получить из эмпирических соображений. Для геометрии антенны это может быть наличие или отсутствие отдельных проводных перемычек между протяженными проводами антенны или даже наличие или отсутствие этих проводов, для ПЗФ фильтров – наличие или отсутствие фильтра в каждом сегменте антенны, а для согласующего устройства – количество и тип схемных элементов. Отметим, что в типовом процессе проектирования параметрическая оптимизация полагается вложенной в структурную, т.е. для каждой структуры выполняется выбор оптимальных параметров.

3. Структурно-параметрическая оптимизация позволяет выполнять оптимизацию структуры и параметров одновременно, например, кодируя наличие или отсутствие элементов структуры одной группой битов двоичного кода, а значения параметров элементов (в случае наличия этих элементов) – другими группами двоичного кода. Таким образом, при структурно-параметрической оптимизации нет вложенности, присущей типовому проектированию. Это увеличивает вероятность синтеза структур с более высокими характеристиками, но требует высоких вычислительных затрат.

Таким образом, представляется целесообразным проанализировать возможности использования представленного подхода для разных видов совершенствования различной аппаратуры радиосвязи МЧС. После этого возможна разработка необходимого программного обеспечения и выполнение на его основе оптимального синтеза антенн и согласующих устройств, реализующих необходимое совершенствование. Затем возможно их изготовление для конкретных случаев. Наконец, при необходимости, возможна передача разработанного программного обеспечения специалистам МЧС (с их соответствующим обучением предлагаемой технологии) для самостоятельной реализации необходимых совершенствований с учетом специфики на местах. Такая работа будет способствовать технологической независимости России и импортозамещению, что особо важно для силовых ведомств.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ 14-29-0925414.

### **Литература**

1. Патент РФ на полезную модель № 66613 / Малютин Н.Д., Газизов Т.Т., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Р., Лоцилов А.Г., Семенов Э.В., Рыбин А.П. Широкополосная антенная система для работы в декаметровом диапазоне. Заявка

№2007114313. Приоритет полезной модели 16 апреля 2007 г. Опубликовано 10.09.2007 Бюл. № 25.

2. Газизов Т.Т. Синтез оптимальных проводных антенн. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2013. 120 с.

3. Куксенко С.П., Газизов Т.Р. Итерационные методы решения системы линейных алгебраических уравнений с плотной матрицей. Томск: Том. гос. ун-т, 2007. 208 с.

УДК 004.7

## ТЕСТОВАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОРГАНАХ МЧС РОССИИ

*О.С. Каймонов, А.А. Макаренко*

Предложена защита автоматизированных систем МЧС России от преднамеренных электромагнитных воздействий с помощью модальных фильтров. Описаны преимущества модальной фильтрации. Приведены результаты тестовой эксплуатации модальных фильтров для защиты оборудования сети Ethernet 100 Base-T. Предложено их расширенное использование в интересах МЧС в целях технологической независимости и импортозамещения.

**Ключевые слова:** модальный фильтр, преднамеренные электромагнитные воздействия, Ethernet.

С развитием и широким распространением автоматизированных систем управления (АСУ) различного назначения возникла необходимость обеспечения их защиты от преднамеренных электромагнитных воздействий (ПДЭМВ). Под ПДЭМВ понимают воздействие с применением излучателей электромагнитного поля, генераторов напряжения и тока путем генерирования в информационных системах электромагнитной энергии, уровень которой вызывает нарушение нормального функционирования технических и программных средств информационных систем [1, 2]. Одним из видов ПДЭМВ являются сверхкороткие электромагнитные импульсы (СКИ). Обзор открытых источников сети Интернет позволил составить список примеров воздействия СКИ на работоспособность различных систем. Существенный вклад в изучение данной проблемы внесли российские ученые (Н.В. Балюк, Л.Н. Кечиев, Ю. Сахаров, Т.Р. Газизов, Л.О. Мырова, С.И. Комягин, Ю.В. Парфенов, В.Ю. Кириллов, Р.В. Киричек), при участии которых проведено значительное количество исследований, подтверждающих, что с помощью средств генерации СКИ можно воздействовать на обмен данными по телекоммуникационным сетям различного назначения. Примечательно Решение III Всероссийской конференции «Безопасность объектов топливно-энергетического комплекса – 2014», в п. 4.2 которого говорится: «Законодательно регламентировать требования в части информационной безопасности (кибербезопасности) и защиты систем безопасности и управления объектов ТЭК от актов незаконного вмешательства посредством преднамеренных электромагнитных воздействий (ПДЭМВ)». Данные факты говорят об актуальности защиты объектов информатизации от ПДЭМВ.

В связи со спецификой работы особенно актуальна проблема ПДЭМВ для АСУ силовых ведомств – систем связи и управления, систем электроснабжения и

др. Объектами ПДЭМВ могут являться информационные системы, системы физической защиты оборудования поддерживающей инфраструктуры, вспомогательное оборудование, системы электропитания, линии связи и т.д. При эксплуатации стационарных АСУ наиболее вероятными каналами ПДЭМВ являются проводные линии связи. Для их защиты наиболее эффективны активные устройства защиты. В настоящее время существующие приборы защиты АСУ от ПДЭМВ обладают рядом недостатков, такими как малая мощность, недостаточное быстродействие, паразитные параметры, что затрудняет защиту от мощных ПДЭМВ. Эффективная защита в широком диапазоне ПДЭМВ требует сложных многоступенчатых устройств. Между тем наряду с высокими характеристиками, практика требует простоты и дешевизны, так что необходим поиск новых принципов совершенствования защиты.

Коллективом ученых Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) разработан и защищен патентом на изобретение модальный фильтр (МФ). Принцип модальной фильтрации основан на использовании модальных искажений (изменений сигнала за счет разности задержек мод многопроводной линии передачи) для защиты за счет последовательного модального разложения импульса в отрезках связанных линий (например, в полосковых линиях или плоском трёхпроводном кабеле) [3].

Отличие МФ от аналогов заключается в том, что аналоги только поглощают или отражают опасный импульс, а МФ, кроме вышеуказанного, прежде разлагает воздействующий СКИ на импульсы меньшей амплитуды. В МФ не используются радиоэлектронные компоненты, а применяются особые структуры соединений, которые способствуют разложению опасных СКИ. МФ имеет практически неограниченный ресурс, при его изготовлении используются дешевые материалы. Поскольку не используются полупроводниковые радиоэлектронные компоненты, МФ стоек к воздействию радиации. Сферами внедрения данного устройства являются линии электропередачи, бытовая и офисная техника, специализированное электронное оборудование, бортовая аппаратура.

В ходе совершенствования технологии модальной фильтрации (проект №14-19-0123 «Комплексное обоснование возможностей создания модальной технологии помехозащиты критичной радиоэлектронной аппаратуры и совершенствования существующих и разработки новых помехозащитных устройств на её основе» Российского научного фонда, проект №14-07-31267 «Комплексные исследования по разработке алгоритмов, математического обеспечения и средств проектирования для создания новых элементов защиты и контроля вычислительных систем на основе модальных явлений» Российского фонда фундаментальных исследований) апробированы новые конфигурации фильтров, позволяющие добиться еще большего подавления сигнала помехи. На них поданы заявки на изобретения. Так, используя принцип модальной фильтрации, созданы экспериментальные образцы для защиты оборудования сети Ethernet 100 Base-T, а также разработан облик блока модальной фильтрации (рис. 1).

С января 2015 г. по настоящее время в ГУ МЧС России по Томской области проводится тестовая эксплуатация ряда образцов МФ, установленных для защиты сетевых адаптеров вычислительной техники и серверного оборудования (5 ПК, 3 сервера). Монтаж МФ для защиты серверного оборудования осуществлен непосредственно в серверных стойках, а рабочих станций – непосредственно на рабочих местах. Во время эксплуатации произошло около 3-скачков напряжения сети энергоснабжения. В результате одного из них выведен из строя комму-



татор локальной сети, вышли из строя сетевые адаптеры на 2 ПК, а оборудование, защищенное модальными фильтрами, не пострадало.

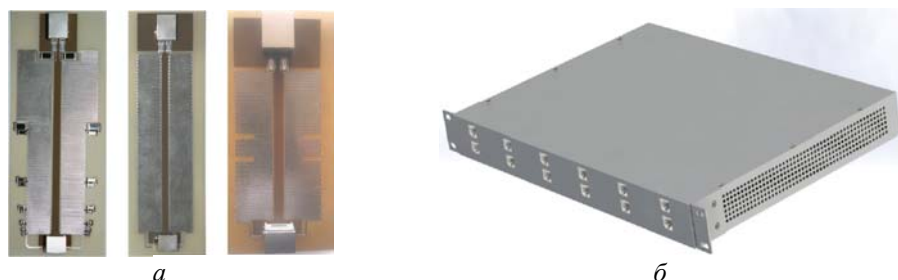


Рис. 1. Экспериментальные образцы (а) и облик 12-портового блока МФ (б) для защиты портов оборудования сети Ethernet 100 Base-T

В заключение отметим, что МФ является недорогим и эффективным средством защиты от СКИ не только по каналам связи, но и по линиям электропередачи [4]. Защита цепей электропитания весьма актуальна. Таким образом, в целях технологической независимости и импортозамещения целесообразно комплексное исследование возможностей использования технологии модальной фильтрации для разработки и внедрения унифицированного ряда МФ в интересах МЧС.

#### Литература

1. Тихонов М.Н., Богословский М.М. Электромагнитный терроризм – новая угроза в информационно-энергетической среде [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=5925> (дата обращения: 26.06.2015).
2. Электромагнитный терроризм на рубеже тысячелетий: сборник статей / под ред. Т.Р. Газизова. Томск, 2002.
3. Заболоцкий А.М., Газизов Т.Р. Модальные фильтры для защиты бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2013. 151 с.
4. Zabolotsky A.M., Gazizov A.T. Simulation of ultra-wide band pulse propagation in asymmetrical modal filter for power network protection // Int. Journal of Circuits, Syst. and Signal Proces. 2015. Vol. 9. P. 68–74.

УДК 621.37.037

#### БЛОК МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ СЕТИ ETHERNET 100 BASE-T

*В.В. Кропотов, С.П. Куксенко*

Рассмотрены различные варианты расположения семикаскадных модальных фильтров в едином типовом конструктиве. Предложены два технических решения по интегрированию модальных фильтров в конструктив. Разработан блок модальной фильтрации для сети Ethernet 100 Base-T.

**Ключевые слова:** модальные фильтры, сверхкороткий импульс, Ethernet.

В связи с тем, что большая часть современных информационных систем основана на применении телекоммуникационной инфраструктуры локальных вы-

числительных сетей, актуально обеспечение устойчивого функционирования локальных вычислительных сетей в условиях воздействия различных деструктивных факторов. Особое внимание обращается на защиту от воздействия сверхкороткого импульса интерфейсного оборудования локальных вычислительных сетей, построенных по технологии Ethernet [1].

Не так давно предложена защита от сверхкоротких импульсов, основанная на модальной фильтрации. Ее физический принцип базируется на эффекте разложения помехового импульса в отрезке связанной линии на моды, каждая из которых распространяется со своей задержкой. Модальная фильтрация может быть использована для защиты интерфейсного оборудования сети Ethernet, и для этого разработано новое устройство защиты, состоящее из модального фильтра (МФ) и TVS-сборки LC03-3.3 [2]. Однако оно предназначено лишь для одного кабеля и не имеет корпуса. Между тем, как правило, необходима защита для большого числа кабелей, реализованная в виде одного блока.

Цель работы – создать конструктив блока модальной фильтрации для сети Ethernet 100 Base-T.

Целесообразно ориентироваться на то, что конструкция будет помещена в телекоммуникационную стойку, поскольку она является неотъемлемой частью любой структурированной кабельной системы и предназначена для удобного и компактного размещения в ней телекоммуникационного оборудования (маршрутизаторов, станций, модемов). Прототипом создаваемой конструкции послужил управляемый коммутатор «D-Link» серии DES-3028P. Созданный конструктив (рис. 1) имеет размеры: ширина – 440; глубина – 206; высота – 44,45 мм (1 U).

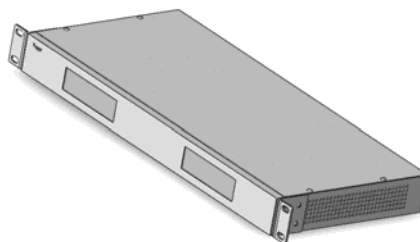


Рис. 1. Конструктив блока модальной фильтрации

Для разработки блока модальной фильтрации в системе SolidWorks 2015 создана модель существующего семикаскадного МФ (рис. 2). Параметры модели: длина – 203; ширина – 89; высота – 14 мм; количество портов – 2; длина проводника – 2500 мм.

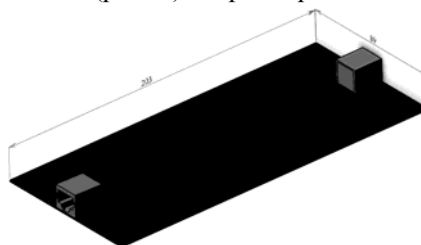


Рис. 2. Макет семикаскадного МФ

Создан первоначальный конструктив блока модальной фильтрации с размерами «D-Link» серии DES-3028P с измененной лицевой панелью (рис. 3). В конструктиве блока были размещены макеты МФ, каждый из которых выполнен на основе отдельной печатной платы из стеклотекстолита (рис. 4).

В конструктив помещается 8 МФ, расположенных на двух уровнях, содержащих по четыре МФ на каждом. Входы расположены на передней панели, а выходы – на задней панели.

Чтобы увеличить количество портов, предложено изменить размеры МФ и самого конструктива. В итоге получены следующие размеры: ширина модально-

го фильтра уменьшена с 89 до 50 мм, а длина увеличена до 300 мм (рис. 5). Измененные параметры конструктива: ширина – 440; глубина – 301 мм; высота – 1 U. В конструкции размещаются печатные платы с МФ и закрепляются на посадочных местах (рис. 6). Каждый МФ находится на отдельной печатной плате. МФ размещены на двух уровнях. Входы расположены на передней панели, а выходы на задней панели.

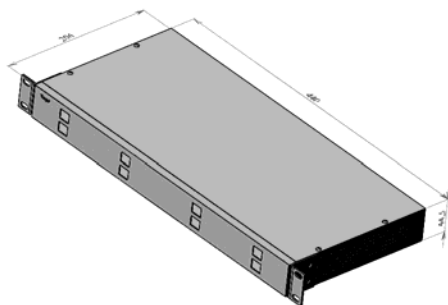


Рис. 3. Первоначальный конструктив блока модальной фильтрации

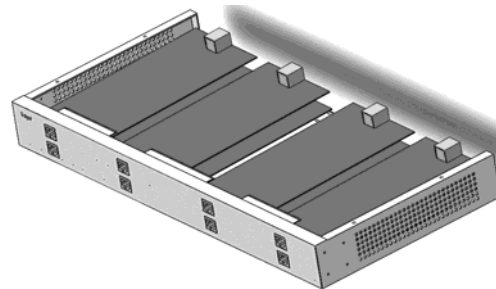


Рис. 4. Конструктив блока модальной фильтрации

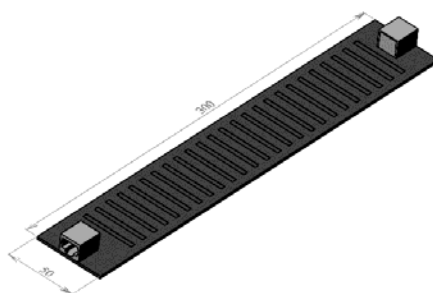


Рис. 5. Макет МФ с измененными параметрами

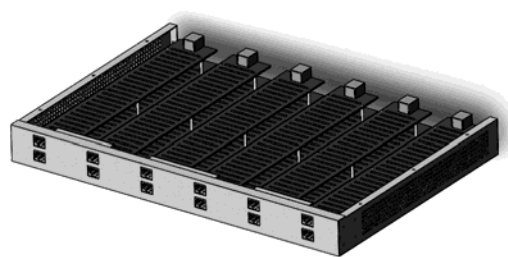


Рис. 6. Конструктив блока, содержащего 12 МФ

На рис. 7 представлен конструктив блока модальной фильтрации в сборке. В системе SolidWorks был выполнен процесс получения изображения по созданной модели блока модальной фильтрации (рендеринг) (рис. 8).

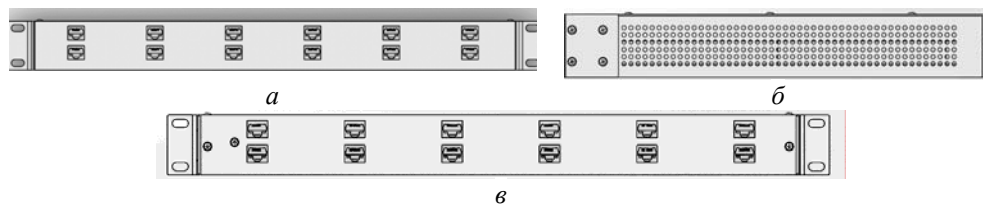


Рис. 7. Конструктив блока модальной фильтрации:  
а – вид спереди; б – вид сбоку; в – вид сзади

Таким образом, предложено два технических решения по интегрированию МФ в единый типовой конструктив. Созданные конструкции блока модальной фильтрации для сети Ethernet 100 Base-T имеют 8 и 12 портов.



Рис. 8. Рендеринг конструктива

Расчет модальных фильтров выполнен за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-01232) в ТУСУРе, разработка конструктива блока модальной фильтрации для сети Ethernet 100 Base-T выполнена в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки РФ.

#### Литература

1. Преднамеренные силовые электромагнитные воздействия // Испытания на устойчивость технических средств охраны: 9-й междунар. симпозиум по ЭМС и электромагнитной экологии / Ф.Н. Байдин, С.М. Ларионов. Санкт-Петербург, 13–16 сентября, 2011 г.
2. Модальные фильтры для защиты бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2013. 151 с.

УДК 04.514

#### РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ TALGAT

*А.А. Квасников, Е.В. Лежнин, С.П. Куксенко*

Описано расширение функциональности пользовательского интерфейса в редакторе принципиальных схем. Улучшены методы работы с несколькими элементами принципиальной схемы. Добавлены новые возможности конфигурации инструмента «линия передачи». Расширены возможности работы с ячейками в редакторе матриц. Реализован пользовательский интерфейс управления графиками динамической визуализации токов/напряжений.

**Ключевые слова:** TALGAT, QT, QML.

TALGAT – система компьютерного моделирования сложных структур проводников и диэлектриков [1]. Вследствие всё большего количества её пользователей возникла потребность в создании более совершенных инструментов для визуального взаимодействия с системой TALGAT.

Цель данной работы – расширение функциональных возможностей и совершенствование графического интерфейса системы TALGAT.

Для реализации новых элементов и средств графического управления использованы возможности Qt – кроссплатформенного инструментария на языке C++ [2], а также специфический для Qt язык разметки и проектирования интерфейса пользователя – QML.

Изначально в системе TALGAT инструмент «линия передачи» (ЛП) редактора принципиальных схем по умолчанию имел 2 входа/выхода. Однако при работе не всегда используются ЛП с таким количеством входов/выходов. Поэтому на панель инструментов с ЛП были включены дополнительные варианты ЛП, содержащие 1–3 входа/выхода (рис. 1). В результате пользователи могут создавать ЛП с нужным количеством входов/выходов (рис. 2).



Рис. 1. Ниспадающее меню редактора принципиальных схем

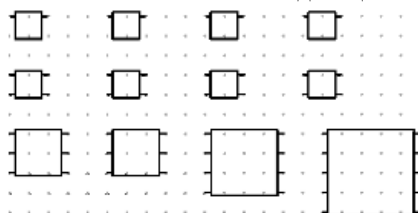


Рис. 2. Линии передачи с разными количествами входов/выходов

Если в схеме имеется несколько элементов, расположенных далеко друг от друга, нецелесообразно выделять их протягиванием курсора мыши. Чтобы упростить взаимодействие пользователя с несколькими элементами схемы одновременно, была реализована возможность множественного выбора с помощью клавиши-модификатора Ctrl.

При работе со схемами больших размеров возникают трудности с их размещением на экране пользователя. Реализована команда «Выделить все» в меню «Правка» и соответствующая комбинация клавиш Ctrl+A для быстрой и эффективной работы с большим количеством элементов (рис. 3).

Рис. 3. Правка с командой «Выделить все»

Правка	Вид	TALGAT	Проект	Окно	Справка
		Отменить			Ctrl+Z
		Повторить			Ctrl+Y
		Вырезать			Ctrl+X
		Копировать			Ctrl+C
		Вставить			Ctrl+V
		<b>Выделить все</b>			<b>Ctrl+A</b>
		Комментировать/раскомментировать			Ctrl+K
		Найти...			Ctrl+F
		Найти далее...			F3
		Найти предыдущий...			Shift+F3
		Заменить...			Ctrl+H
		Выполнить выделенное			F9

В редакторе матриц отсутствовала возможность копирования и вставки данных в ячейки. Для упрощения ввода/вывода данных разработана более совершенная замена редактору матриц: добавлен механизм копирования элементов таблицы для последующей их вставки в Microsoft Excel и обратно (рис. 4). При

реализации использован компонент QClipboard, позволяющий проводить соответствующие операции с буфером обмена. В результате пользователь получил возможность свободно перемещать информацию между редактором матриц и таблицами Excel (рис. 4).

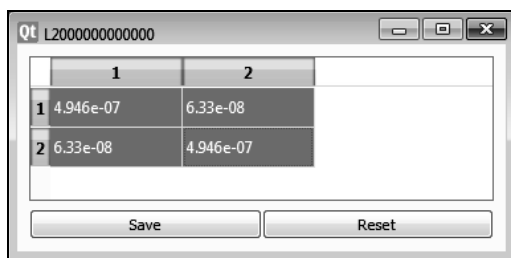


Рис. 4. Редактор матриц

	1	2	3	4
1	4.95E-07	6.33E-08		
2	6.33E-08	4.95E-07		
3				
4				
5				

Рис. 5. Окно Microsoft Excel

Интерфейс окна динамической визуализации анимированных графиков изменений токов/напряжений предоставляет пользователю возможность управления воспроизведением при помощи кнопок. Для удобства пользователя реализован набор кнопок: «влево» и «вправо», перемещающие график пошагово; «пауза», останавливающая движение графика; «пуск» для начала визуализации (рис. 6). Для реализации интерфейса использован язык QML. При решении этой задачи возникали трудности с интеграцией графика и кнопок QML в одно окно, вследствие несовместимости QWT [3] и QML. В итоге окно было разбито на 2 секции и по нажатию кнопки в окне QML задействовалась функция в окне QWT.

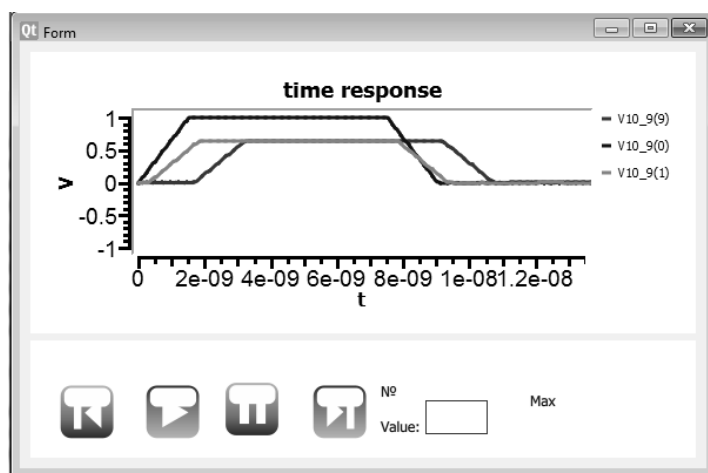


Рис. 6. Пользовательский интерфейс графика

Таким образом, в ходе работы добавлены возможности, позволяющие упростить процесс взаимодействия пользователя с программой путём улучшения возможностей визуального конфигурирования элементов принципиальной схемы, добавления возможностей экспорта/импорта полученных результатов в табличный редактор Excel и реализации графического интерфейса управления графиками динамической визуализации токов и напряжений.

Работа выполнена в рамках реализации проектной части государственного задания № 8.1802.2014/К Минобрнауки России.

## Литература

1. Куксенко С.П. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости «TALGAT» / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2015. № 2(36). С. 45–50.
2. Сайт инструментария Qt [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.qt.io/>, свободный (дата обращения: 14.08.2015).
3. Qwt, графическая библиотека [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://qwt.sourceforge.net/>, свободный (дата обращения: 13.08.2015).

УДК 57.042

### РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ИЗУЧЕНИЮ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

*О.А. Матвеевко, М.Е. Комнатнов*

Описаны новые методологические подходы к исследованию совместного влияния электромагнитных и климатических факторов на биологические объекты. Обоснована целесообразность применения экранированной ТЕМ-камеры и её модификаций для исследования воздействия сверхкоротких импульсов на физиологические, биохимические и молекулярно-генетические процессы в бактериальных клетках, нормальных фибробластах человека, а также опухолевых клетках.

**Ключевые слова:** электромагнитное поле, ТЕМ-камера, сверхкороткий импульс, бактериальные клетки, линия фибробластов человека, линия опухолевых клеток HeLa, клеточная мембрана, репарационная система, разрывы ДНК, хромосомные aberrации, микроядра, белковые флуоресцентные фокусы.

В настоящее время человек подвергается воздействию множества техногенных факторов, одним из которых является электромагнитное поле (ЭМП). За последнее десятилетие тенденции развития современных электронных устройств, а именно повышение частот спектра используемых сигналов и рост вычислительной производительности, способствовали увеличению интенсивности воздействия ЭМП на человека. Устройства, создающие ЭМП, распространены повсеместно, и диапазон воздействия данного фактора возрастает с усовершенствованием технических средств. Источником ЭМП являются беспроводные системы связи (мобильная связь, Bluetooth, Wi-Fi, 3G). Эти системы сопровождают человека в повседневной жизни, и воздействие их на организм требует тщательного изучения. Так, ЭМП нашли широкое применение в современной медицине. Одним из широко известных примеров такого применения является магнитно-резонансная томография (МРТ). Показано, что сочетание ионизирующего излучения с электромагнитным резко увеличивает эффективность лучевой терапии раковых опухолей. Однако обычное СВЧ-излучение не проникает вглубь тканей. Теоретически и экспериментально установлено, что узконаправленное излучение коротких электромагнитных импульсов проникает в ткани почти так же, как ионизирующее. Этот факт открывает новые возможности для эффективного лечения глубоко расположенных раковых опухолей [1]. Однако существует мнение, что ЭМП

имеют и негативное воздействие, напротив, способствуя развитию онкопатологий. В то же время нет однозначных результатов, свидетельствующих о канцерогенном характере электромагнитных излучений. В связи с недостаточностью экспериментальных доказательств комиссией по исследованию канцерогенных свойств ЭМП (Франция, Леон, 2011) радиочастотные ЭМП классифицированы как «возможно канцерогенные для человека» [2].

Особый интерес исследователей вызывают сверхкороткие импульсы (СКИ). В последние годы созданы доступные мощные генераторы, способные создавать, например, киловольтные СКИ длительностью в десятки пикосекунд с частотой повторения в мегагерцы. Примечательно, что подобные импульсы используются все шире [3]. Одна из особенностей СКИ состоит в широком спектре их частот: от постоянного тока до десятков гигагерц. Таким образом, на систему воздействует не одно или несколько гармонических воздействий, а одновременно широкий спектр очень близко расположенных друг к другу частот. Такое воздействие на произвольную техническую систему, с высокой вероятностью, находит свои резонирующие структуры и за счет этого проникает внутрь неё, например, создавая проблемы электромагнитной совместимости. Воздействие СКИ на биологические объекты исследовано мало. Однако можно предположить, что оно может иметь значительные эффекты в силу его широкополосности.

Накоплены данные о том, что ЭМП влияет на биохимические, физиологические, функциональные процессы, протекающие в живых организмах. Воздействие происходит на молекулярно-генетическом уровне, способствуя изменению структуры и свойств ДНК, белкового пула, работы клеточных мембран, что определяет изменения функционирования клеток, а следовательно, и организма в целом. Поэтому важность изучения влияния этого фактора велика.

Несмотря на широкий спектр исследований в области воздействия различных ЭМП на биологические объекты, на сегодняшний день нет однозначного ответа относительно изменений фундаментальных процессов, протекающих в живых организмах под воздействием ЭМП. В первую очередь это связано с ограничением возможностей методологических подходов для исследования данного вопроса. Дело в том, что любой биологический объект находится в гетерогенной среде, под воздействием различных факторов, которые в совокупности образуют сложные взаимодействия. Это определяет необходимость комплексного изучения воздействия сочетаний различных факторов (температура, влажность, ЭМП). Особое внимание во время проведения экспериментов по воздействию ЭМП на живые объекты необходимо уделять контролю температуры. Это позволит оценить роль температуры в возможных биологических эффектах, связанных с воздействием ЭМП. Кроме того, поддержание физиологического уровня температуры объекта позволит исключить термический эффект и тем самым обеспечить тщательное изучение особенностей нетермического эффекта.

Для исследования совместного влияния климатических и электромагнитных факторов на биологические объекты в ТУСУРе разрабатывается климатическая экранированная ТЕМ-камера [4]. В исходном варианте она предназначена для испытания электронных компонентов, но ведётся и её модификация для исследования различных биологических объектов. Она позволит анализировать эффекты ответных реакций биологических объектов на различных уровнях организации (от клетки до организма) на воздействие СКИ при изменении в широком диапазоне температуры (от  $-50$  до  $+150$  градусов Цельсия) и относительной влажности (до 98%), с возможностью подачи всех необходимых питательных веществ ис-



следуемому объекту в течение эксперимента [5]. Кроме того, для ТЕМ-камеры предусмотрен модуль визуального контроля, который даст возможность наблюдать в режиме реального времени за изменениями, происходящими в объекте исследования, избежав его извлечения и обеспечив возможность непрерывного воздействия, контроля и оценки, а также записи полученных данных на видеонаблюдатель [6].

В качестве воздействия для создания ЭМП будут использованы СКИ от генератора импульсного напряжения ГИН-1-1 (FID Technology) с амплитудой напряжения до 1000 В с длительностью (по половине амплитуды) 300 пс и частотой повторения до 1 кГц. Такое воздействие способно создать в рабочем объеме (100×100×20 мм) камеры поперечную волну ЭМП напряженностью 16 кВ/м и более. Влияние подобного ЭМП на биологические объекты мало изучено, но выявление его эффектов может иметь большое значение для науки и практики.

Для изучения влияния СКИ на различные физиологические и молекулярно-генетические процессы выбраны следующие модельные объекты: бактериальные штаммы (*E. Coli*, стрептококки), дрожжевые (*g. Candida*) и плесневые грибки (*g. Aspergillus*, *g. Fusarium*); клетки линии нормальных фибробластов человека и опухолевые клетки линии HeLa.

Бактерии и грибки будут использованы для изучения ростовой активности колоний в условиях совместного влияния ЭМП, температуры, а также для исследования взаимодействия указанных штаммов с бактерицидными и фунгицидными агентами в условиях влияния ЭМП. Для проведения данного эксперимента будет применён культуральный метод с добавлением в питательную среду специфических для каждого штамма веществ:

- *E. Coli*, стрептококки – антибиотики широкого спектра действия группы β-лактамов;

- *g. Candida* – флуконазол;

- *g. Aspergillus*, *g. Fusarium* – антисептики широкого спектра действия.

Выбор конкретных бактериальных и плесневых штаммов обусловлен, прежде всего, их значимостью для человека, распространённостью и доступностью. Так, *E. Coli* играет важную роль в современной промышленной микробиологии и биологической инженерии, являясь продуцентом различных белков, например инсулина человека. Кроме того, *E. Coli*, стрептококки и бактерии *g. Candida* являются убиквитарными представителями нормальной микрофлоры организма человека, однако при определённых условиях их рост и развитие могут вызвать патологические реакции и привести к различным заболеваниям. Грибы рода *Aspergillus* и *Fusarium* повсеместно распространены в окружающей среде и являются причиной некоторых системных болезней человека. Так, потенциально, пульмонарный аспергиллиоз и фузариоз может возникать у больных с хронической обструктивной болезнью лёгких, у пациентов с иммунной супрессией, вследствие ВИЧ-инфекции и противоопухолевой терапии [7, 8]. Таким образом, изучение возможных особенностей роста, формирования колоний, а также реакций вышеуказанных микроорганизмов на добавление антибиотиков и фунгицидов в контролируемых условиях под воздействием СКИ может выявить неожиданные характеристики данных процессов и способствовать дальнейшей разработке новых методов и подходов к использованию микроорганизмов в биотехнологических процессах, а также открыть новые способы борьбы с патологическими состояниями человека, вызываемыми данными агентами.

Необходимостью исследования воздействия СКИ на молекулярно-генетические процессы, происходящие в клетках в норме и при патологии, продиктован выбор клеточных линий нормальных фибробластов человека и опухолевых клеток линии (HeLa) как удобных модельных объектов для реализации данной задачи, а также подбор комплекса современных методов молекулярного и молекулярно-цитогенетического исследования.

Так, изучение жизнеспособности здоровых клеток под воздействием СКИ будет проведено с помощью анализа поляризации клеточных мембран и импеданса (полного сопротивления мембран) фибробластов человека до и после воздействия СКИ. Данный метод позволяет исследовать повреждение мембран клетки путём приложения к биомембране постоянного электрического напряжения, что приводит к возникновению тока. Достоинство данного методического подхода заключается в том, что используемые напряжения (менее 50 мВ) не вносят существенных изменений в физико-химические процессы, протекающие в биологических объектах, и, тем более, не повреждают их. Выбор данной методики обусловлен тем, что при патологических процессах в тканях происходит изменение их электрических свойств: увеличивается проницаемость мембран, увеличиваются ионные потоки и, следовательно, ослабляется эффект поляризации границ раздела. Это приводит к падению сопротивления и емкости на низких частотах. На высоких частотах поляризация границ раздела практически отсутствует, поэтому импеданс существенным образом не меняется. Таким образом, при действии повреждающих факторов и при отмирании ткани дисперсия ее электрических параметров снижается. При полной гибели ткани дисперсия отсутствует.

Также будет проведена сравнительная оценка клональной выживаемости фибробластов человека и опухолевых клеток с помощью цитотоксического теста. Суть данного теста состоит в посеве и культивировании на питательной среде определённого количества клеток, отобранных до и после воздействия СКИ и последующем подсчёте клеточных колоний с помощью специальной программы Image J.

Важным показателем стабильности и жизнеспособности клетки является работа системы репарации повреждений ДНК. В планируемом исследовании анализ функциональной активности данной системы будет выполнен методом оценки флуоресцентных фокусов. Известно, что в клетке в ответ на действие излучения наблюдается образование так называемых радиационно-индуцированных фокусов белков репарации ДНК [9]. Они являются динамическими структурами, содержащими тысячи копий белков, участвующих в различных этапах репарации двунитевых разрывов ДНК и передаче сигналов, активирующих контрольную точку клеточного цикла. Эти структуры могут оцениваться микроскопически в виде дискретных фокусов, окружающих двунитевые разрывы ДНК. В данном исследовании при процедуре иммуноокрашивания будут использованы антитела к белку  $\gamma$ H2AX (Novus Biologicals) с дальнейшей детекцией фокусов с помощью флуоресцентного микроскопа Axio Imager (Carl Zeiss). Выбор белка для анализа продиктован его определяющей ролью в репарации двунитевых разрывов ДНК. Так как число фокусов  $\gamma$ H2AX тесно связано с числом двунитевых разрывов, принято считать, что фокусы  $\gamma$ H2AX локализуются в местах двунитевых разрывов ДНК. Микроскопический анализ фокусов  $\gamma$ H2AX после иммуноокрашивания является наиболее чувствительным методом детекции двунитевых разрывов сразу после воздействия излучения и позволяет оценивать повреждения на уровне отдельных клеток.

Наличие структурных и числовых aberrаций хромосом может являться причиной возникновения геномной нестабильности в результате амплификации или делеции определённых участков генома, в которых локализованы онкогены или гены-супрессоры опухолей, способствуя тем самым злокачественной трансформации клетки [10, 11]. На сегодняшний день доказана способность ионизирующих излучений индуцировать возникновение хромосомных нарушений в клетке через прямое воздействие на структуру ДНК, а также путём дестабилизации аппарата сегрегации хромосом [12]. Однако возможность подобного действия электромагнитных излучений, в частности СКИ, на клеточный геном не исследована. Данный факт определил выбор направления исследования в этой области. Так, оценка хромосомных нарушений в клетках линии фибробластов будет проведена с помощью микроядерного теста. Наряду с анализом препаратов метафазных хромосом в качестве маркера повреждений генома у человека возможно и использование частоты микроядер. Микроядра образуются при отставании в анафазе митотического деления ацентрических фрагментов и целых хроматид или хромосом. Большие возможности для автоматизации и низкие трудозатраты при подсчете микроядер определяют интерес исследователей к использованию частоты микроядер в качестве биомаркера индивидуального риска развития онкологических заболеваний. Проведение такого анализа возможно с использованием комбинации микроядерного теста с флуоресцентной *in situ* гибридизацией (FISH) с панцентромерными ДНК-зондами на все хромосомы набора человека.

Таким образом, в связи с возрастающей распространённостью электромагнитных излучений, характеризующихся гетерогенностью спектров и уровней воздействия на биологические структуры, а также недостаточностью данных об эффектах, вызываемых влиянием именно СКИ, необходимо проводить исследования, направленные на выявление возможных специфических ответных реакций биологических объектов на данный тип излучения. Возможность использования для достижения обозначенных целей новой экранированной климатической ТЕМ-камеры позволит обеспечить необходимый строгий контроль средовых показателей (температуры и влажности), отслеживание которых является одним из критических факторов чистоты проведения эксперимента и получения достоверных результатов исследований.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-01232) в ТУСУРе.

### Литература

1. Подосенов С.А. Импульсная электродинамика широкополосных радиосистем и поля связанных структур / С.А. Подосенов, А.А. Потапов, А.А. Соколов. М.: Радиотехника, 2003. 720 с.
2. Armstrong B. Non-ionizing radiation, part 2: radiofrequency electromagnetic fields / B. Armstrong, I.Y. Belyaev, C.F. Blackman et al. IARC, 2013. 480 p.
3. Беличенко В.П. Сверхширокополосные импульсные радиосистемы / В.П. Беличенко, Ю.И. Буянов, В.И. Кошелев; под общ. ред. В.И. Кошелева. Новосибирск: Наука, 2015. 483 с.
4. Пат. 2 558 706 РФ, МПК G 12 В 15/00, 17/00, Н 05 К 7/20, 9/00. Климатическая экранированная камера / Комнатнов М.Е., Газизов Т.Р. (РФ). № 2 014 103 639; заявл. 03.02.2014; опублик. 10.08.2015. Бюл. № 22. 12 с.

5. Комнатнов М.Е. Камера для совместных климатических и электромагнитных испытаний электронных компонентов / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов // Техника радиосвязи. 2014. № 3. С. 84–91.
6. Komnatnov M.E. Module for Visual Control of in vitro Results of the Joint Impact of Climatic and Electromagnetic Factors on Living Tissue / М.Е. Komnatnov, A.V. Busygina // 16th International Conference on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2015, Erlagol, Altai, 29 June – 3 July 2015. P. 576–579.
7. Bulpa, P. Invasive pulmonary aspergillosis in patients with chronic obstructive pulmonary disease / P. Bulpa, A. Dive, Y. Sibille // Eur. Respir. J. 2007. Vol. 30. P. 782–800.
8. Fusarium infection in lung transplant patients: report of 6 cases and review of the literature / H.A. Carneiro, J.J. Coleman, A. Restrepo, E. Mylonakis // Medicine (Baltimore). 2011. Vol. 90. P. 69–80.
9. Spatial organization of the mammalian genome surveillance machinery in response to DNA strand breaks / S. Bekker-Jensen, C. Lukas, R. Kitagawa, F. Melander, M. B. Kastan, J. Bartek, J. Lukas // J. Cell Biol. 2006. Vol. 173, № 2. P. 195–206.
10. Correlation between genomic alterations assessed by array comparative genomic hybridization, prognostically informative histologic subtype, stage, and patient survival in gastric cancer / E. Rossi, C. Klersy, R. Manca, O. Zuffardi, E. Solcia // Hum Pathol. 2011. Vol. 42. P. 1937–1945.
11. Hudler P. Genetic aspects of gastric cancer instability // Scientific World Journal. 2012. Vol. 2012. P. 1–10.
12. Васильев С.А. Анеугенный эффект ионизирующего излучения в соматических клетках млекопитающих и человека / С.А. Васильев, В.А. Тимошевский, И.Н. Лебедев // Генетика. М.: Наука, 2009. Т. 45, вып. 12. С. 1589–1599.

УДК 621.3

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОТЕРЬ НА РАЗЛОЖЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В ВИТКЕ ВОЗДУШНОЙ МЕАНДРОВОЙ ЛИНИИ**

*А.В. Носов, Р.С. Суровцев*

Выполнен анализ влияния потерь в проводнике на разложение сверхкороткого импульса (СКИ) в витке воздушной меандровой линии. Исследования выполнены на примере СКИ в форме трапеции и близкой к треугольной. Сравнение результатов моделирования без учета и с учетом потерь показало значительные отличия в минимальной амплитуде сигнала на выходе меандровой линии. После оптимизации связи между полувитками линии получено уменьшение амплитуды сигнала при длительности плоской вершины 100 пс на 4%, а при 10 пс – на 10%. Также в результате сравнения выявлено, что при учете потерь совместно с уменьшением амплитуды сигнала на выходе линии увеличивается оптимальное значение разноса между ее проводниками, что упрощает практическую реализацию таких устройств защиты от СКИ.

**Ключевые слова:** меандровая линия, сверхкороткий импульс, защита, перекрестная наводка.

В настоящее время актуальной задачей является защита радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) от преднамеренного воздействия сверхкоротких импульсов (СКИ), о чем свидетельствует целый ряд зарегистрированных случаев воздейст-

вия СКИ на РЭА [1]. Традиционно для защиты используются фильтры, устройства развязки, ограничители помех, разрядные устройства и т.д. Однако они обладают рядом недостатков (малая мощность, недостаточное быстродействие, паразитные параметры), затрудняющих защиту от мощных СКИ. Поэтому для эффективной защиты в широком диапазоне воздействий необходимы сложные многоступенчатые устройства. Между тем наряду с высокими характеристиками, практика требует простоты и дешевизны устройств защиты, поэтому необходима разработка новых устройств защиты от СКИ. В этой связи примечательны исследования возможности защиты РЭА от СКИ за счет использования свойств меандровых линий. Так, в витке воздушной меандровой линии показано уменьшение амплитуды СКИ на 40% за счет его разложения на последовательность импульсов меньшей амплитуды [2]. Выявлено, что для разложения необходимо одновременно обеспечить ряд условий, основным из которых является сильная торцевая связь между полувитками линии. За счет оптимизации связи обеспечивается равная амплитуда первых двух импульсов (перекрестной наводки на ближнем конце и основного сигнала), имеющих максимальную амплитуду. Для витка микрополосковой меандровой линии выполнено аналогичное исследование, в результате которого выявлено, что для линий с неоднородным диэлектрическим заполнением можно дополнительно использовать разложение сигнала на четную и нечетную моды, что позволило увеличить коэффициент ослабления до 2,5 раза [3]. Однако описанные исследования выполнены без учета потерь в линии, которые на практике могут оказывать значительное влияние на форму выходного сигнала. Такой учет выполнен для меандровой линии с сильной торцевой связью и показал, что потери в проводниках и диэлектриках приводят к дополнительному ослаблению СКИ [4]. Отмечено, что при этом может изменяться оптимальное значение связи между полувитками, обеспечивающее минимизацию амплитуды сигнала на выходе линии, но максимальное уменьшение амплитуды СКИ при оптимальной связи между сигнальными проводниками линии продемонстрировано не было. Между тем известно, что потери в проводниках и диэлектриках в разной степени влияют на изменение формы сигнала в линии. Поэтому целесообразно выполнить оценку влияния потерь только в проводниках. Подходящей для этого видится воздушная меандровая линия с торцевой связью [2].

Цель работы – выполнить оценку влияния потерь в проводнике на разложение СКИ в витке воздушной меандровой линии с торцевой связью. Для этого целесообразно использовать моделирование, сравнив его результаты, полученные с учетом потерь, с результатами работы [2].

Поперечное сечение исследуемой линии представлено на рис. 1, а. Его параметры взяты из работы [2]: ширина и толщина сигнального проводника  $w = 100$  мкм,  $t = 100$  мкм соответственно, расстояние между проводниками  $s = 7,7$  мкм, расстояние от слоя земли до сигнального проводника  $h = 200$  мкм. Схема соединений линии приведена на рис. 1, б. Линия состоит из двух параллельных проводников длиной  $l = 30$  мм, соединенных между собой на одном конце. Один из проводников линии соединен с источником импульсных сигналов, представленным на схеме идеальным источником ЭДС  $E$  и внутренним сопротивлением  $R1$ . Другой проводник линии соединен с приёмным устройством, представленным на схеме сопротивлением  $R2$ . Для уменьшения отражений сигнала на концах проводников линии значения  $R1$  и  $R2$  приняты равными среднему геометрическому волновых сопротивлений четной и нечетной мод линии.

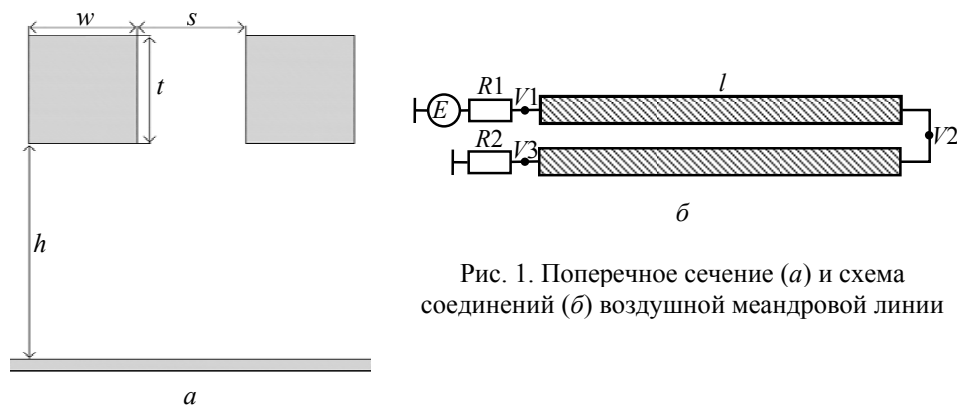


Рис. 1. Поперечное сечение (а) и схема соединений (б) воздушной меандровой линии

Моделирование исследуемой линии выполнено в системе TALGAT [5]. Для этого сначала по исходным параметрам построено поперечное сечение линии и вычислены матрицы погонных коэффициентов электромагнитной и электростатической индукций (матрицы **L** и **C**). Для учета потерь в проводнике необходимо дополнительно вычислить матрицу погонных сопротивлений **R**. Вычисление элементов матрицы **R** выполнено с учетом скин-эффекта, но без учета эффекта близости. Так как в структуре на рис. 1, а опорный проводник представлен бесконечной проводящей плоскостью, то влияние потерь в нем незначительно, и поэтому внедиагональные элементы матрицы **R** приняты равными нулю. Диагональные  $r$  элементы матрицы **R** определяются выражением  $r = 1/(w\sigma t) + r_s/w$ , где  $\sigma$  – удельная проводимость материала проводника;  $r_s = (\pi f \mu_0 / \sigma)^{1/2}$ ; где  $f$  – частота;  $\mu_0$  – абсолютная магнитная проницаемость. В качестве материала проводника принята медь, поэтому  $\sigma = 5,81 \times 10^7$  См/м. Матрица **R** для частоты  $f = 1$  ГГц имеет следующий вид:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 84,13 & 0 \\ 0 & 84,13 \end{bmatrix} \text{ Ом/м.}$$

После вычисления матриц **L**, **C** и **R** выполнено вычисление временного отклика на заданное воздействие: импульс в виде трапеции, с ЭДС 1 В, длительностью плоской вершины 100 пс, а фронта и спада – по 50 пс. Полученные формы сигнала в конце исследуемой линии без учета и с учетом потерь в проводнике приведены на рис. 2.

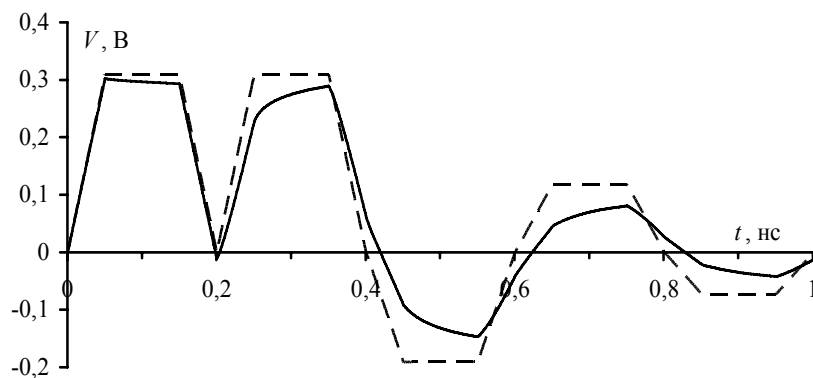


Рис. 2. Формы сигнала в конце исследуемой линии: без учета (---) и с учетом (—) потерь в проводнике

Из графика на рис. 2 видно, что потери в проводнике оказывают наибольшее влияние на форму и амплитуду второго импульса (основного сигнала), в то время первый импульс (перекрестная наводка на ближнем конце от фронта) практически не изменяется. Амплитуда сигнала (первого и второго импульсов) при моделировании без учета потерь составила 0,309 В. Учет потерь дает уменьшение амплитуды первого импульса в начале его плоской вершины на 7 мВ, а в конце – на 15 мВ. На втором импульсе наблюдается характерное для реальных межсоединений увеличение длительности фронта и спада, из-за чего его амплитуда уменьшается на 20 мВ. Так как при моделировании с учетом потерь в проводнике амплитуда наводки оказалась выше амплитуды основного сигнала, то для минимизации амплитуды сигнала на выходе линии необходимо выполнить оптимизацию связи между полувитками, уменьшив её, например, за счет изменения расстояния между ними. Оптимальное значение расстояния между проводниками составило  $s_{\text{opt}} = 8,2$  мкм, а максимальная амплитуда –  $V_{\text{opt}} = 0,297$  В, что на 12 мВ (4% от амплитуды сигнала при моделировании без учета потерь) ниже амплитуды сигнала без учета потерь. Форма сигнала в конце меандровой линии при  $s_{\text{opt}}$  приведена на рис. 3.

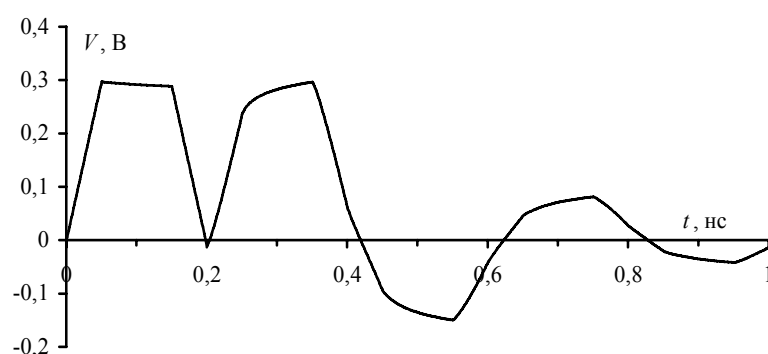


Рис. 3. Форма сигнала в конце исследуемой линии с учетом потерь при  $s_{\text{opt}}$

Потери в проводниках окажут более существенное влияние на СКИ с меньшей длительностью плоской вершины (форма импульса близка к треугольной). Поэтому вычислен отклик для длительности плоской вершины импульса, уменьшенной до 10 пс. Полученные формы сигнала в конце линии без учета и с учетом потерь в проводнике приведены на рис. 4.

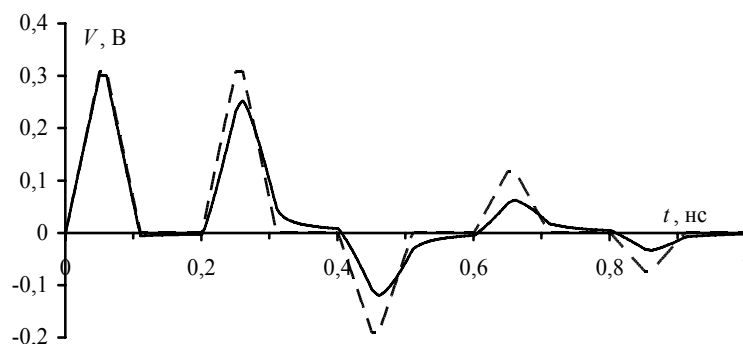


Рис. 4. Формы сигнала в конце исследуемой линии: без учета (---) и с учетом (—) потерь в проводнике

Из рис. 4 видно, что при уменьшении длительности плоской вершины до 10 пс наблюдается, как и при 100 пс, более существенное влияние потерь на второй импульс. Так, из-за увеличения времени фронта и спада амплитуда второго импульса уменьшается на 60 мВ, в то время как амплитуда первого импульса уменьшается лишь на 0,7 мВ. Поиск оптимума для минимизации амплитуды сигнала на выходе дал  $s_{\text{opt}} = 10,2$  мкм, при котором  $V_{\text{opt}} = 0,28$  В, что на 30 мВ (10% от амплитуды сигнала при моделировании без учета потерь) ниже амплитуды сигнала без учета потерь. Форма сигнала в конце меандровой линии при  $s_{\text{opt}}$  приведена на рис. 5.

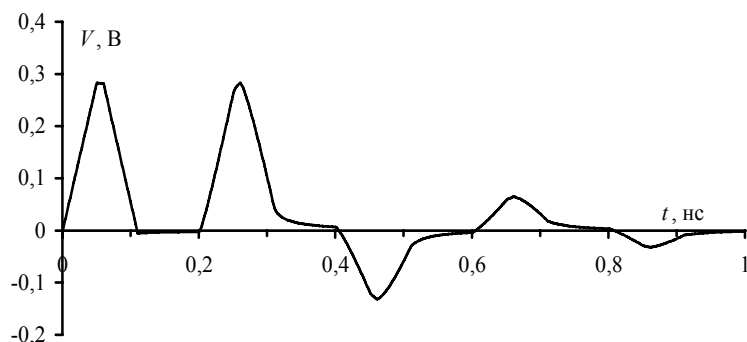


Рис. 5. Форма сигнала в конце исследуемой линии с учетом потерь при  $s_{\text{opt}}$

В заключение отметим важность учета потерь при моделировании межсоединений, даже таких простых, как воздушная меандровая линия. Сравнение результатов моделирования без учета и с учетом потерь показало значительные отличия в минимальной амплитуде сигнала на выходе меандровой линии. После оптимизации связи между полувитками линии максимальная амплитуда сигнала на выходе линии при длительности плоской вершины 100 пс уменьшилась на 4%, а при 10 пс – на 10%. Также в результате сравнения выявлено, что при учете потерь совместно с уменьшением амплитуды сигнала на выходе линии увеличивается оптимальное значение разноса между ее проводниками, что упрощает практическую реализацию таких устройств защиты от СКИ. В дальнейшем целесообразно аналогичное моделирование для микрополосковой меандровой линии (сигнал на выходе которой раскладывается на 3 основных импульса: импульс перекрестной наводки и импульсы четной и нечетной мод), где необходим учет потерь не только в проводниках, но и в диэлектриках.

Моделирование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект №14-19-01232) в ТУСУРе, алгоритмы и программное обеспечение разработаны в рамках выполнения проектной части государственного задания Минобрнауки РФ, оптимизация выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-29-09254.

### Литература

1. Защита объектов топливно-энергетического комплекса от угроз электромагнитного воздействия / О. Петкау, А. Тарабцев, А. Дерябин, С. Ларионов, В. Чванов // Безопасность объектов топливно-энергетического комплекса. 2014. № 2 (6). С. 74–76.
2. Surovtsev R.S. Pulse Decomposition in a Turn of Meander Line as a New Concept of Protection against UWB Pulses / R.S. Surovtsev, T.R. Gazizov, A.M. Zaboly-



sky // Proc. of Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Omsk, Russian Federation, May 2015. 7 p.

3. Surovtsev R.S. Simple Method of Protection against UWB Pulses Based on a Turn of Meander Microstrip Line / R.S. Surovtsev, A.V. Nosov, A. M. Zabolotsky // 16th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. 29 June – 3 July 2015. 3 p.

4. Gazizov A.T. Simple printed structures for low-cost and effective protection against UWB pulses / A.T. Gazizov // Asia Electromagnetics Symposium (ASIAEM 2015) / Design and Testing of Protective Devices and Test Methods. Jeju-si, Jeju Province, South Korea, 3–8 August 2015. 4 p.

5. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Том. гос. ун-та систем упр. и радиотехники. 2015. № 2 (36). С. 45–50.

УДК 621.313.04

### **ПОДХОДЫ К ЗАЩИТЕ КОМПОНЕНТОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С ПОМОЩЬЮ МОДАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ**

*А.В. Осинцев, А.М. Заболоцкий*

Работа посвящена изучению новых возможностей защиты роботов от электромагнитного излучения. Предложен способ защиты компонентной базы роботов, основанный на модальной фильтрации. Описаны модальные фильтры для защиты двигателей робота.

**Ключевые слова:** защита, электромагнитная совместимость, модальная фильтрация.

В современном мире одним из актуальных направлений является разработка и производство робототехнических комплексов (РТК). С каждым годом рост выпускаемой продукции неуклонно растет. Распространяется применение РТК: оно уже прочно внедрилось и нашло применение во всех отраслях, таких как медицина, тяжелая и легкая промышленность, военно-промышленный комплекс (ВПК) и т.д. Такой интерес к применению робототехники объясняется рядом преимуществ, которыми обладает РТК. В условиях агрессивной среды, где работа осложнена фактором повышенного риска для жизни или здоровья человека, либо нахождение человека в подобной среде попросту невозможно, успешно находят применение РТК. Применение робототехники позволяет повысить рост производства на заводах и свести к минимуму количество производственных травм человека, за счет снижения влияния человеческого фактора на производстве, оставляя человеку роль наблюдателя за процессом работы.

Основными компонентами РТК являются: двигатели, датчики, вычислительные устройства, микроконтроллер (МК), мини-компьютер, сенсоры, беспроводные и проводные средства связи, механические компоненты. Работа каждого компонента должна соответствовать специфике работ, возлагаемых на РТК. Большинство компонентов, используемых в ВПК, до сих пор зарубежные, поэтому актуально их импортозамещение.

В научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» ТУСУРа ведется разработка модальных фильтров (МФ) [1–3]. Защита РТК и компонентной базы способствует продвижению в таких областях применения, как безопасность и противодействие терроризму, перспективные виды вооружения, разработка военной и специальной техники, транспортные и космические системы. Однако исследования применения МФ для защиты РТК ранее не выполнялись.

Цель работы – представить подходы к защите роботов с помощью модальной фильтрации.

Основным исполнительным устройством РТК или беспилотного летательного аппарата (БПЛА) является двигатель. Для БПЛА двигатели являются критичным узлом, поскольку в случае выхода из строя или при возникновении помех велика вероятность потери контроля над БПЛА.

Один из распространенных вариантов РТК в общем виде представлен на рис. 1. Схема робота состоит из следующих элементов: источник питания 27 В, DC/DC-преобразователь, линейные стабилизаторы напряжений на 3,3, 5 и 9 В, микроконтроллер, сенсоры и датчики. В хороших условиях данный вариант РТК будет успешно работать. Однако подобный вариант реализации РТК не защищен от сверхкоротких импульсов (СКИ).

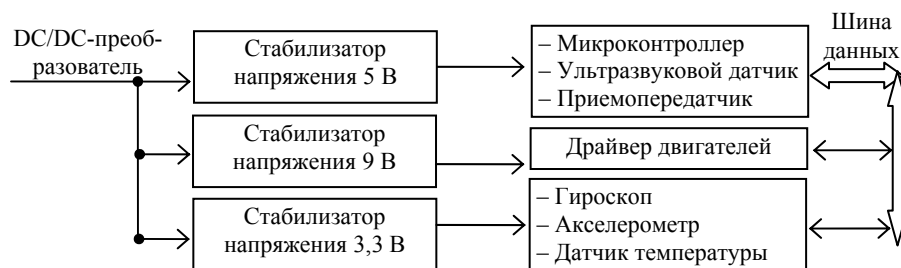


Рис. 1. Схема РТК

Для защиты от СКИ возможно использование в РТК модальных фильтров. Реализация устройств МФ возможна в виде структур: плоских кабелей (рис. 2), печатных структур (рис. 3), гибкого печатного кабеля (рис. 4). Для плоских кабелей величина разности погонных задержек мод может составлять 0,3–0,5 нс/м [4], для печатных структур – 1–3 нс/м, для гибкого печатного кабеля – 0,2 нс/м [5].

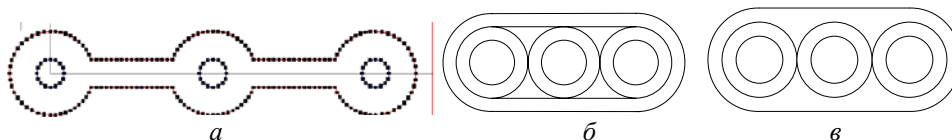


Рис. 2. Поперечные сечения плоских кабелей

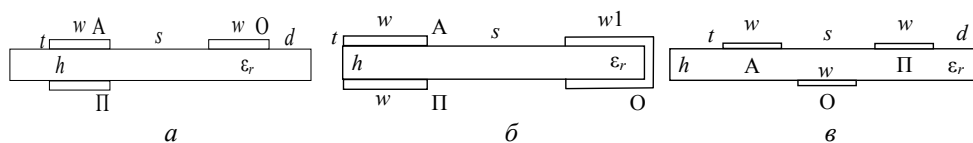


Рис. 3. Поперечные сечения печатных структур с сильной (а, б) и слабой (в) связью

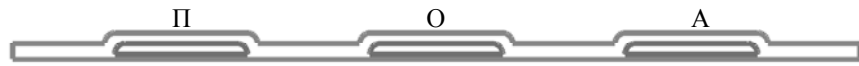


Рис. 4. Поперечное сечение гибкого печатного кабеля

Например, если между проводниками А и О отрезка кабеля длиной 1 м подать СКИ со следующими значениями параметров: амплитуда ЭДС  $E_0 = 1$  В, длительность вершины 0,2 нс, время фронта и спада 0,1 нс, то исходный сигнал делится на два импульса (рис. 5).

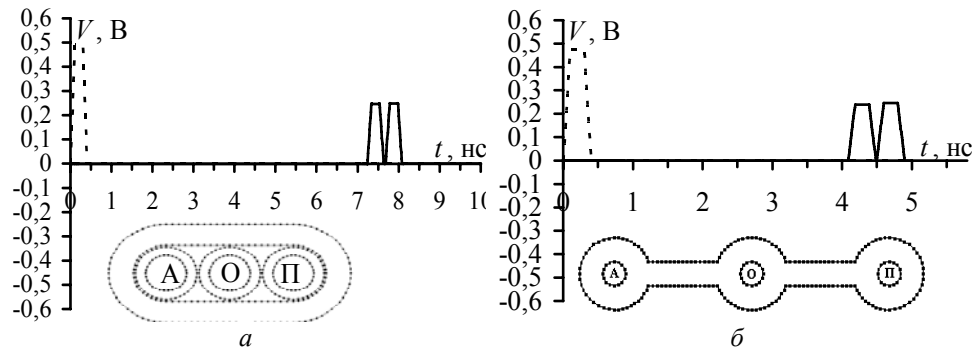


Рис. 5. Формы сигнала в начале (— — —) и конце (—) проводника А

Применение модальных фильтров в разработке РТК и БПЛА позволит повысить помехоустойчивость. Для проведения испытаний разработана экспериментальная модель робота (рис. 6). Робот состоит из следующих компонентов: 4 DC/DC-двигателя, питающихся от 9 В, микроконтроллер Arduino Nano, силовой модуль управления двигателями и ультразвуковой датчик расстояния. В роли элемента питания используется никель-кадмиевый аккумулятор с напряжением 27 В.



Рис. 6. Макет робота

Использование модального фильтра предлагается в линиях связи с двигателями (рис. 7). Точнее, эти линии связи предлагается выполнить в виде МФ. Таким образом, дополнительные устройства защиты как таковые исключаются.



Рис. 7. Схема РТК с применением модальной фильтрации

Исследование выполнено за счет средств Российского научного фонда (проект №14-19-01232) в ТУСУРе.

### **Литература**

1. Заболоцкий А.М., Газизов Т.Р., Самотин И.Е. Модальный фильтр с TVS-сборкой для защиты сети Fast Ethernet // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2010. № 2. С. 160–163.
2. Газизов Т.Р. Модальное разложение импульса в отрезках связанных линий как новый принцип защиты от коротких импульсов / Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий // Технологии ЭМС (Москва). 2006. № 4 (19). С. 40–44.
3. Разработка конструкции и технологии изготовления макетов модальных фильтров для сети Fast Ethernet / О.М. Кузнецова-Таджибаева, Л.Н. Жеребцова, В.В. Поспелов и др. // Доклады ТУСУРа. 2010. № 2(22), ч. 2. С. 164–168.
4. Заболоцкий А.М. Временной отклик многопроводных линий передачи / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов. Томск: Том. гос. ун-т, 2007. 152 с.
5. Заболоцкий А.М. Модальные фильтры для защиты бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2013. 151 с.

УДК 004.414

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРА КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЭКРАНИРОВАННОЙ ТЕМ-КАМЕРЫ**

*А.В. Осинцев, М.Е. Комнатнов*

Работа посвящена созданию новой камеры для совместных климатических и электромагнитных испытаний. Описан терморегулятор, используемый для исследования возможностей управления температурой поверхности медной пластины термоэлектрическим элементом Пельтье. Терморегулятор позволяет задавать скорость изменения температуры пластины и стабилизировать температуру в пределах от  $-40$  до  $+105$  °C с погрешностью  $\pm 0,5$  °C. Предложены алгоритм и структура программного обеспечения терморегулятора. Приведена структура модулей программного обеспечения.

**Ключевые слова:** терморегулятор, термоэлектрический элемент Пельтье, ПИД-регулятор, широтно-импульсная модуляция.

Для электронных компонентов важно тестирование в различных климатических условиях, с целью выявления возможностей работы при низких и высоких температурах, а также высокой влажности среды. Для этого часто применяются климатические камеры. Они позволяют точно моделировать агрессивное воздействие окружающей среды и применяются в научно-исследовательских учреждениях, разрабатывающих оборудование для машиностроения, а также оборонной и авиационной промышленности.

В научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» ТУСУРа ведется работа над климатической экранированной ТЕМ-камерой [1–3] для совместных климатических и электромагнитных испытаний. Она содержит комплекс программно-аппарат-

ных средств, необходимых для управления процессом испытания и мониторинга как внешних воздействий на камеру, так и внутренних процессов, происходящих во внутреннем испытательном контейнере. В рамках работы над камерой ведутся исследования по разработке терморегулятора, для высокоточного контроля температуры поверхности пластины. В терморегуляторе используются термоэлектрические элементы Пельтье, что позволяет достичь широкого диапазона регулируемых температур в диапазоне от  $-55$  до  $+150$  °C с погрешностью свыше  $\pm 0,5$  °C. Для управления элементами Пельтье необходим программный регулятор мощности с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ) сигнала на затворах полевых транзисторов, питающих элементы Пельтье. Известна аналогичная разработка [4]. Однако новизна разрабатываемой камеры [5] требует отдельной разработки с учетом специфики её назначения.

Цель работы – представить структурную схему и алгоритм работы терморегулятора испытательного контейнера климатической экранированной ТЕМ-камеры.

Схема терморегулятора включает микроконтроллер (МК) ATmega32, двухстрочный жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) WINSTAR WH1602b, тринадцать цифровых датчиков температуры MAX31725 и четыре термоэлектрических элемента Пельтье. Управление элементами Пельтье осуществляется при помощи мощных полевых транзисторов IRFZ44N и МК с программными модулями сбора и обработки данных. Для выделения модулей и связей подсистем проведены анализ и декомпозиция структурной схемы терморегулятора, в результате которых получена структурная схема программного обеспечения (ПО) (рис. 1).

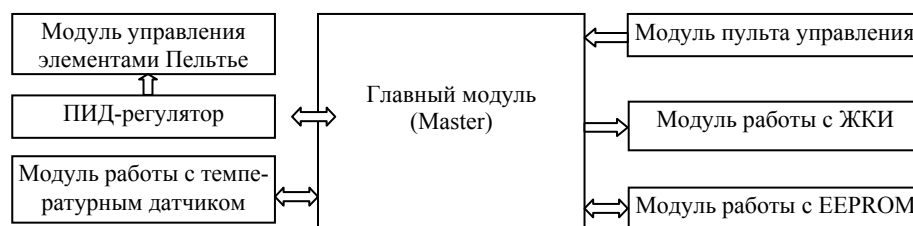


Рис. 1. Структурная схема ПО терморегулятора

Каждый модуль ПО выполняет требуемую задачу и имеет входные и/или выходные данные. Ограничения реализации ПО каждого модуля связано с техническими возможностями МК: флеш-память 32 кБ, четырехканальная аппаратная реализация ШИМ, поддержка внешних прерываний на трех выводах, 32 программируемых порта ввода/вывода, диапазон измеряемых температур от  $-40$  до  $+105$  °C с точностью  $\pm 0,5$  °C для датчика температуры.

Обработка и обмен данными выполняются главным модулем (Master), решающим следующие задачи: обработка команд с пульта управления (ПУ) и выполнение соответствующих функций, считывание показаний с температурных датчиков и передача результата на вход пропорционально интегрально-дифференциальному (ПИД) регулятору; инициализация устройств в момент включения терморегулятора, запись/чтение данных из энергонезависимой памяти EEPROM, отображение данных на ЖКИ.

Управление терморегулятором осуществляется посредством модуля ПУ. Обращение ПУ к главному модулю происходит путем генерирования внешнего прерывания МК. Преимуществом данного решения является то, что главному

модулю не нужно выполнять лишних вычислений и проверок, тем самым повышается производительность МК. Управление МК на внешних прерываниях позволяет выполнять требуемые участки кода в момент срабатывания внешнего прерывания. Алгоритм обработки внешнего прерывания в модуле ПУ представлен на рис. 2.

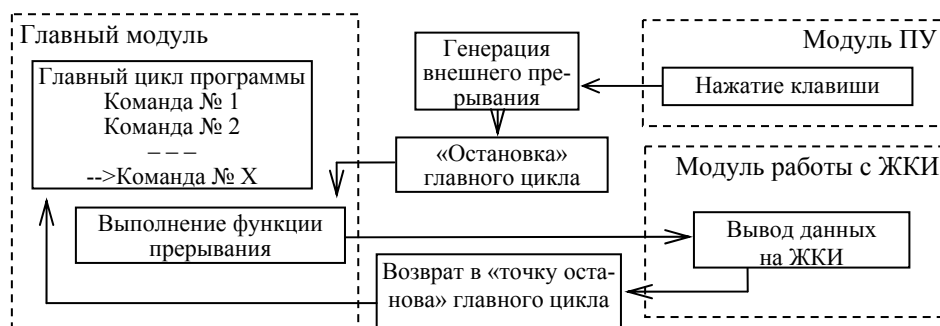


Рис. 2. Алгоритм обработки внешнего прерывания

Модуль ПУ выполняет следующие функции: обработку внешних прерываний МК по нажатию клавиш (OK/Enter, Back, Up, Down), вывод меню на ЖКИ и ввод данных в МК. В ПУ имеется возможность отображения информации о текущем состоянии и введенных данных при помощи двухстрочного ЖКИ, который подключается по 4-битной шине данных, что позволяет сократить количество используемых выводов МК.

Контроль и удержание заданного значения температуры медной пластины осуществляется при помощи программных модулей датчиков температуры, управления элементами Пельтье и ПИД-регулятора, что позволяет контролировать уровень нагрева/охлаждения. Расположение элементов Пельтье и датчиков температуры на поверхности пластины представлено на рис. 3, а.

Измерение температуры поверхности пластины температурным датчиком MAX31725 с встроенным АЦП и последующей передачей данных по интерфейсу I<sup>2</sup>C МК реализовано по алгоритму, указанному в технической документации датчика. Схема датчика приведена на рис. 3, б.

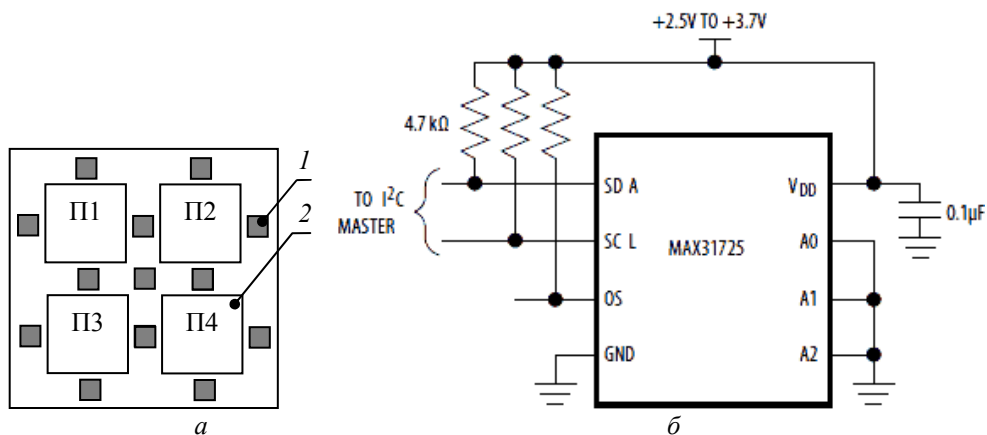


Рис. 3. Расположение элементов Пельтье (2) и датчиков температуры (1) на пластине (а) и схема подключения датчика температуры (б)

В программном модуле температурного датчика реализованы следующие функции: инициализация, передача команд, чтение битов, поиск датчиков, задание «сигнальных» температур, чтение показаний температуры. Идентификация каждого датчика происходит по семибитному адресу.

ПИД-регулятор (рис. 4, а), рассчитывает ШИМ-сигнал, управляющий элементом Пельтье (рис. 4, б), позволяя удерживать требуемый уровень температуры и минимизировать ошибки при нагреве пластины элементами Пельтье.

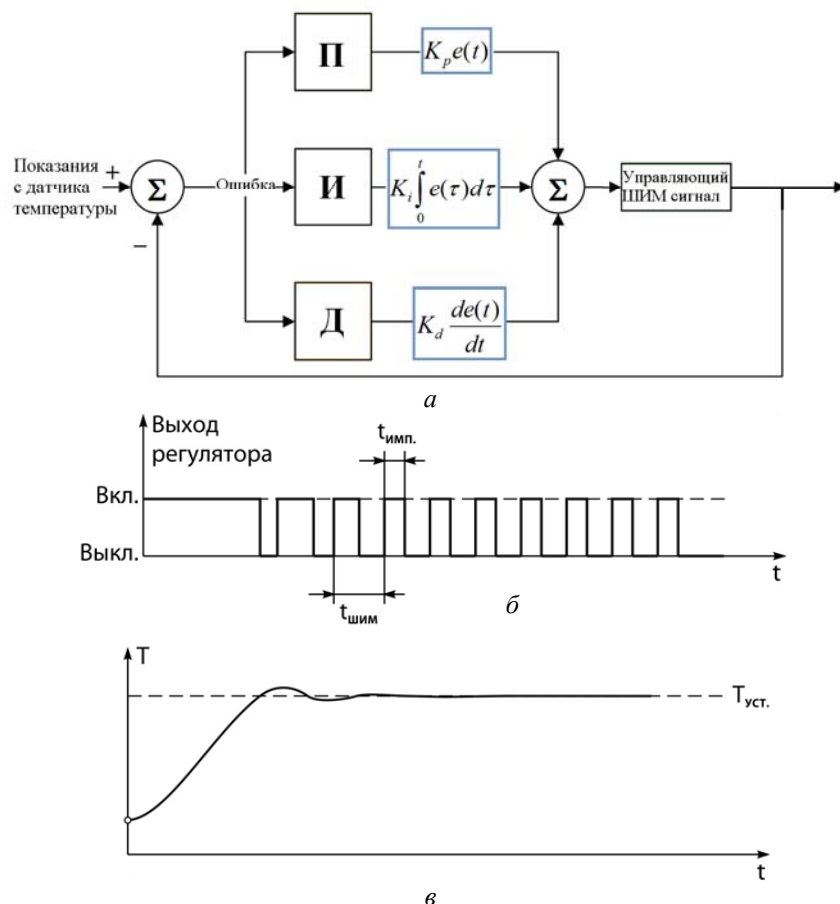


Рис. 4. Схема ПИД-регулятора (а), ШИМ-сигнал на выходе (б) и вывод температуры на установившийся уровень (в)

Работа терморегулятора под управлением описанного ПО заключается в следующем. После включения питания на ЖКИ отображается температура пластины. После нажатия на ПУ клавиши Enter на ЖКИ отобразится меню, в котором пользователь может задать новый уровень температуры пластины. Оно отобразится на ЖКИ и сохранится в памяти EEPROM для предотвращения потери данных при отключении питания. После подтверждения пользователем введенного значения оно обрабатывается главным модулем и передается с показаниями датчиков температуры ПИД-регулятору для расчета ШИМ-сигнала, управляющего элементом Пельтье. Следить за уровнем температуры пластины можно по ЖКИ, который отображает текущую температуру с датчиков, расположенных на пластине. По достижении требуемого уровня температуры пластины ПИД-

регулятор будет поддерживать этот уровень по всей поверхности пластины с минимальным отклонением от заданной.

В общем виде рабочий цикл терморегулятора состоит из следующих шагов: инициализация устройств, чтение настроек конфигурации, выполнение функций в основном цикле программы, т.е. чтение показаний с датчиков температуры, работа ПИД-регулятора, управление элементами Пельтье, обработка внешних прерываний, сохранение настроек.

Таким образом, разработаны структурная схема, алгоритм работы и ПО терморегулятора испытательного контейнера климатической экранированной ТЕМ-камеры. Это позволило перейти к следующему этапу работы: протирование разработанных модулей ПО под ARM-архитектуру микропроцессора.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 8.1802.2014/К Министерства образования и науки Российской Федерации.

### **Литература**

1. Комнатнов М.Е., Газизов Т.Р. Камера для совместных климатических и электромагнитных испытаний электронных компонентов // Техника радиосвязи. 2014. №3(23). С. 84–91.
2. Комнатнов М.Е., Газизов Т.Р. О совместных климатических и электромагнитных испытаниях // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2014. № 4. С. 39–45.
3. Komnatnov M.E., Gazizov T.R. Environmental Shielded TEM Chamber for Biomedical Testing // Proc. of IEEE International Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications (IMWS-Bio 2014).
4. Дубровин А.Н., Мандель А.Е., Шандаров С.М., Шмаков С.С. Терморегулятор для исследований температурных зависимостей оптических эффектов в кристаллах // Приборы и техника эксперимента. 2011. Т. 54, № 4. С. 593–595.
5. Патент РФ на изобретение № 2558706 / Комнатнов М.Е., Газизов Т.Р. Климатическая экранированная камера. Заявка № 2014103639. Приоритет изобретения 3.02.2014.

УДК 621.3.038

### **ТЕРМОРЕГУЛЯТОР ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЭКРАНИРОВАННОЙ КАМЕРЫ**

*А.А. Собко, М.Е. Комнатнов*

Описан созданный терморегулятор для контроля и удержания температуры в диапазоне от –50 до +150 °С для климатической экранированной камеры. Представлены структурная и принципиальная схемы узла управления терморегулятора.

**Ключевые слова:** ЭМС, климатическая экранированная камера, терморегулятор ПИД-регулятор, элементы Пельтье.

Общеизвестной проблемой при проектировании радиоэлектронных средств (РЭС) является обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС). При работе интегральных схем на пределах температурного диапазона возрастает риск



отказа функционального узла или блока критичной аппаратуры. При этом работа подобных РЭС в полях сильного электромагнитного излучения делает отказ более вероятным событием. В связи с этой проблемой важно исследовать компонентную базу на стадии проектирования, а моделирование проводить, используя современные математические модели компонентов, которые могли бы учитывать условия их эксплуатации в мощных полях теплового и электромагнитного излучений [1]. В работе [2] представлен облик климатической экранированной камеры, предназначенной для исследования и испытания электронной компонентной базы на ЭМС с одновременным контролируемым воздействием климатических условий окружающей среды. В камере предусмотрен контроль температуры во внутреннем объеме испытательного контейнера при помощи двух (внутренней и внешней) систем. Внутренняя система обеспечивает циркуляцию воздушного потока заданной температуры через испытательный контейнер, а внешняя – контроль за температурой и точечный нагрев или охлаждение стенок испытательного контейнера. Удержание заданной температуры внутри испытательного контейнера камеры должно быть реализовано на микропроцессоре с программной реализацией, основанной на алгоритме пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора.

Цель работы – создать терморегулятор для климатической экранированной камеры.

Структурная схема терморегулятора (рис. 1), состоит из двух узлов: платы управления (ПУ) и испытательного стола (ИС) с элементами Пельтье (ЭП) и температурными датчиками (ТД). Плата управления содержит микроконтроллер (МК) с программной реализацией ПИД-регулятора, посредством которого с помощью силовых ключей (СК) осуществляется управление ЭП. МК регулирует

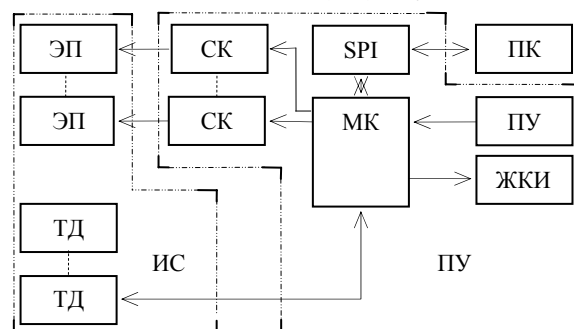


Рис. 1. Структурная схема терморегулятора

силу тока через ЭП на основе данных, полученных от температурных датчиков (ТД), тем самым повышая или понижая температуру ЭП в зависимости от направления тока и показаний температуры ИС. Применение в качестве силовых ключей полевых транзисторов типа IRFZ44N позволяет управлять высокими токами через ЭП до 49 А.

В качестве ТД был выбран прецизионный датчик типа MAX 31725, обеспечивающий точность измерения менее  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ , в диапазоне температур от  $-40$  до  $+105^\circ\text{C}$  или при точности измерения свыше  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ , в диапазоне температур от  $-55$  до  $+150^\circ\text{C}$ .

В терморегуляторе реализовано четыре узла управления, по одному на каждый ЭП (рис. 2). Ключ на полевом транзисторе управляется сигналом широтно импульсной модуляции ПИД-регулятора от МК ATmega32. Необходимое для отпирания напряжение на затворе полевого транзистора VT2 формируется усилительным каскадом на биполярном транзисторе VT1. Нагрузочный резистор R2 в цепи коллектора транзистора VT1 необходим для подтягивания логического уровня до напряжения питания. Сопротивление резистора R3 обеспечивает ограничение тока заряда емкости  $C_{си}$  полевого транзистора.

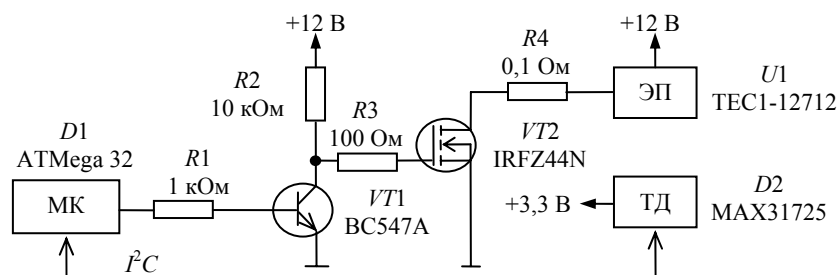


Рис. 2. Узел управления ЭП, схема электрическая принципиальная

Для ввода/вывода значений температуры и оповещения о режимах работы предназначены кнопки, жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) и светодиоды. При помощи интерфейса SPI обеспечивается связь между МК и персональным компьютером (ПК).

В терморегуляторе в качестве ИС используется медная пластина размерами 100×100 мм, толщиной  $t = 2$  мм. Размеры ЭП 40×40 мм, что позволяет расположить на поверхности пластины до четырех ЭП. Для достаточного представления о температуре каждой части ИС необходимо наличие большого количества ТД. Выбрано тринадцать ТД, расположенных в каждой части ИС (рис. 3). ТД располагаются на отдельных ПП и связаны между собой посредством интерфейса  $I^2C$ .

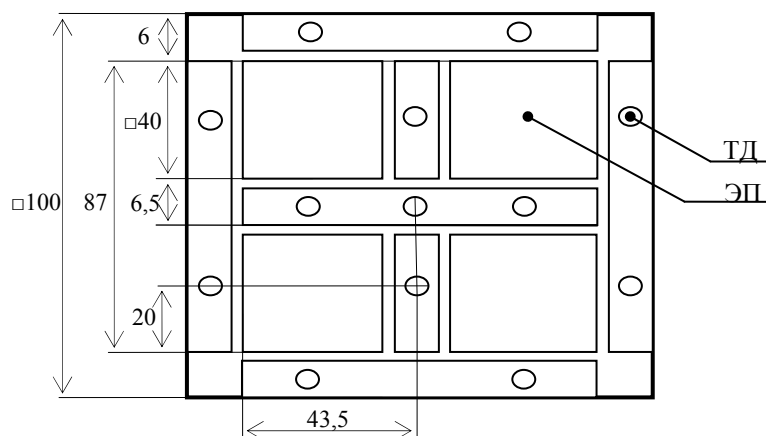


Рис. 3. Расположение ТД и ЭП на ИС

Разработаны ПП терморегулятора в программе Altium Designer. ПП ПУ с расположенными на ней элементами показана на рис. 4.

Особенностью трассировки ПП является отдаление цифровой части схемы от аналоговой, а также сигнальных линий от силовых. Проведена минимизация паразитных электромагнитных связей между проводниками, например пересечение линий, находящихся на разных слоях ПП под углом 90°, и устранение лицевой связи на большом протяжении. Для синхронизации управляющих сигналов реализованы линии задержки.

Таким образом, разработан терморегулятор для контроля и удержания температуры в диапазоне от  $-50$  до  $+150$  °С для ИС, представляющего собой медную пластину размерами 100×100 мм, толщиной 2 мм. В устройстве программно реализован ПИД-регулятор.

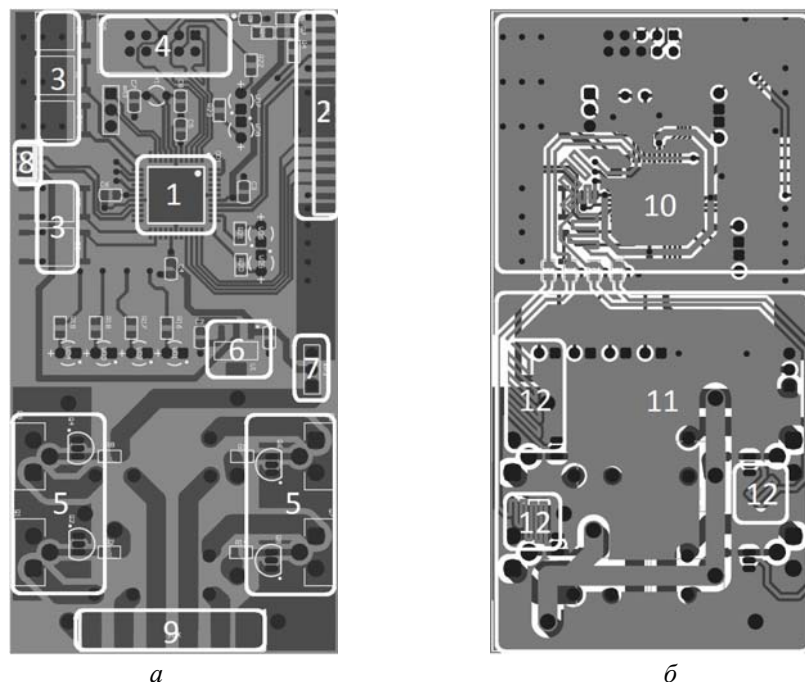
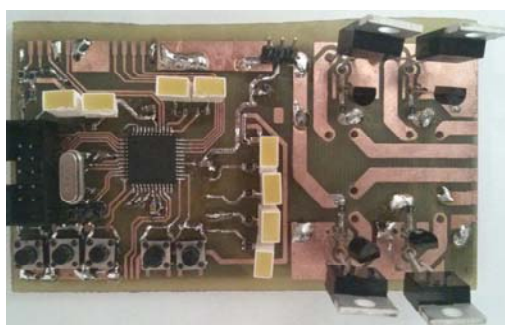


Рис. 4. Расположение узлов ПУ на слоях Top (а) и Bottom (б) ПП:  
 1 – МК; 2 – соединитель для ЖКИ; 3 – кнопки; 4 – соединитель SPI;  
 5 – силовые ключи; 6 – стабилизатор напряжения; 7 – соединитель питания;  
 8 – соединитель к шине ИС; 9 – соединитель к шине ЭП; 10 – цифровая часть ПП;  
 11 – аналоговая часть ПП; 12 – линии задержки



Собран макет ПУ для слежения и удержания заданной температуры (рис. 5). Он используется для отладки программного кода ПИД-регулятора.

Рис. 5. Лабораторный макет платы устройства управления

Работа выполнена в рамках государственного задания № 8.1802.2014/К Министерства образования и науки Российской Федерации.

### Литература

1. Комнатнов М.Е. Обоснование целесообразности проведения совместного испытания на электромагнитные и температурные воздействия бортовой радио-электронной аппаратуры космического аппарата // Молодежь. Техника. Космос: сб. тр. VI ОМНТК. СПб.: БГТУ, 2014. С. 46–48.
2. Комнатнов М.Е., Газизов Т.Р. Камера для совместных климатических и электромагнитных испытаний электронных компонентов // Техника радиосвязи. 2014. Т. 23, № 3. С. 84–91.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ИТЕРАЦИОННОГО ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ГРАНИЦ СТРУКТУРЫ ПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

*К.А. Гутник, С.П. Куксенко*

Предложено три способа выбора оптимальной сегментации границ произвольной структуры проводников и диэлектриков. На примере вычисления емкостной матрицы выполнено сравнение результатов, полученных с помощью предложенных способов, с результатами, полученными ранее. Показано, что один из предложенных способов дает 5-кратное ускорение.

**Ключевые слова:** метод моментов, сегментация, многопроводная микрополосковая линия.

В настоящее время разработка сложной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) не обходится без предварительного компьютерного моделирования. Помимо этого, для всех типов РЭА актуально обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС). Моделирование ЭМС отличается особой сложностью, требующей больших вычислительных затрат. Поэтому для быстрого моделирования необходимо выявлять ресурсы уменьшения затрат на вычисления. Один из них – выбор сегментации структуры. Возможность получения приемлемых результатов даже при самой грубой сегментации делает целесообразным начало моделирования именно с неё, поскольку это требует минимальных затрат. Использование итерационного выбора сегментации представляется эффективным, особенно для моделирования в реальном времени. В работе [1] предложен алгоритм адаптивного итерационного выбора оптимальной сегментации (АИВОС) и показана эффективность его применения. Однако его развитие еще не рассматривалось. Между тем оно актуально.

Цель данной работы – исследование возможностей совершенствования алгоритма АИВОС.

Для определенности рассмотрим алгоритм АИВОС на задаче вычисления емкостной матрицы ( $\mathbf{C}$ ) системы проводников и диэлектриков, порядка  $N_{COND}$ , где  $N_{COND}$  – количество проводников, не считая опорного. Такая задача сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) вида  $\mathbf{S}\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{v}$ , где  $\mathbf{S}$  – квадратная и плотная матрица порядка  $N$ , являющаяся результатом применения метода моментов к анализируемой структуре,  $\mathbf{v}$  – вектор, состоящий из задаваемых потенциалов на подобластях, на которые разбиты границы структуры, а  $\boldsymbol{\sigma}$  – искомый вектор, дающий распределение поверхностной плотности заряда на этих границах. Порядок матрицы СЛАУ складывается из количества подобластей на границах проводник–диэлектрик ( $N_C$ ) и диэлектрик–диэлектрик ( $N_D$ ), а элементы матрицы вычисляются из параметров этих подобластей. При равномерной сегментации получим следующий алгоритм вычисления емкостной матрицы:

*Алгоритм 1.* Исходное вычисление емкостной матрицы системы проводников и диэлектриков.

1. Установить исходные параметры моделирования (параметры структуры).
2. Установить равномерную сегментацию.
3. Вычислить элементы вектора воздействия  $\mathbf{v}$  и матрицы  $\mathbf{S}$ .
4. Найти вектор решения  $\boldsymbol{\sigma}$  из уравнения  $\mathbf{S}\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{v}$ .

5. Вычислить элементы матрицы  $\mathbf{C}$ , основываясь на элементах  $\sigma$ .

Как было отмечено выше, для ускорения процесса нахождения емкостной матрицы в [1] был предложен следующий алгоритм АИВОС:

Алгоритм 2. Вычисление емкостной матрицы с использованием АИВОС [1].

1. Установить исходные параметры моделирования ( $tol$ , параметры структуры).

2. Установить длину сегмента равной ширине проводника  $w$ .

3. Вычислить элементы вектора воздействия  $\mathbf{v}^1$  и матрицы  $\mathbf{S}^1$ .

4. Найти вектор решения  $\sigma^1$  из уравнения  $\mathbf{S}^1 \sigma^1 = \mathbf{v}^1$ .

5. Вычислить элементы матрицы  $\mathbf{C}^1$ , основываясь на элементах  $\sigma^1$ .

6. Сохранить значение одного элемента матрицы  $\mathbf{C}^1$  (например,  $c_{00}^1$ ).

7. Для  $i=2, 3, \dots$

8. Уменьшить длину сегмента в два раза.

9. Вычислить элементы вектора воздействия  $\mathbf{v}^i$  и матрицы  $\mathbf{S}^i$ .

10. Найти вектор решения  $\sigma^i$  из уравнения  $\mathbf{S}^i \sigma^i = \mathbf{v}^i$ .

11. Вычислить элементы матрицы  $\mathbf{C}^i$ , основываясь на элементах  $\sigma^i$ .

12. Сохранить значение одного элемента матрицы  $\mathbf{C}^i$  (например,  $c_{00}^i$ ).

13. Если  $(c_{00}^i - c_{00}^{i-1}) / c_{00}^{i-1} < tol$ ,

14. То Выход,  $\mathbf{C}^i$  – требуемое решение.

15. Увеличить  $i$ .

В данной работе предложены и исследованы 3 варианта совершенствования алгоритма АИВОС:

1. В качестве шага начальной сегментации устанавливается высота проводника  $t$ .

2. Для останова итераций используется норма Фробениуса емкостной матрицы, вычисляемая по формуле

$$\|\mathbf{C}\| = \sqrt{N_{COND} \sum_{i,j} c_{i,j}^2},$$

где  $C_{i,j}$  – элемент матрицы  $\mathbf{C}$ ;  $N_{COND}$  – число проводников системы проводников и диэлектриков, не считая опорного.

3. Для останова итераций используется норма Фробениуса вектора решения СЛАУ ( $\sigma$ ).

Далее проведено тестирование предложенных вариантов совершенствования АИВОС на примере структуры, представленной на рис. 1 [1]. Геометрические параметры структуры: ширина проводника  $w = 890$  мкм, зазоры  $s_1 = 500$  мкм,  $s_2 = 1890$  мкм, толщина проводника и сплошных проводящих областей  $t = 35$  мкм, толщина препрегов  $h_1 = h_3 = 144$  мкм, толщина подложки  $h_2 = 220$  мкм. Толщина паяльной маски принята равной  $h_M = 30$  мкм. Ширина сплошных проводящих областей принята равной  $5w$ , диэлектрическая проницаемость  $er_1 = er_3 = 4,5$ ,  $er_2 = 5,4$ . Вычисления выполнялись для  $tol = 0,01$ .

Исследовались значения (емкость одного из проводников, далее называемая  $c$ ), полученные при вычислениях с равномерной сегментацией 10 мкм, заданной вручную (выбиралась с условием разбиения границ проводников на торцах на 3 сегмента), и с использованием АИВОС и трех предложенных вариантов его со-

вершенствования. Время вычислений с равномерной сегментацией составило  $T=185,77$  с, порядок матрицы СЛАУ  $N = 7135$ ,  $c_p = 132,35$  пФ/м.

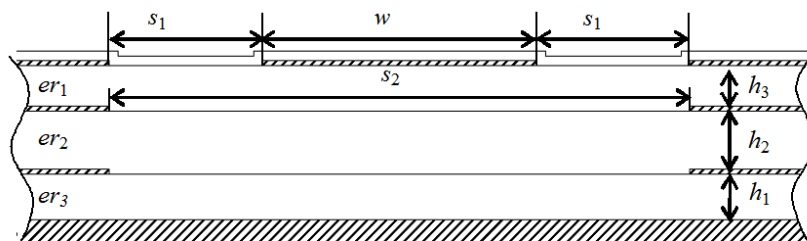


Рис. 1. Поперечное сечение исследуемой структуры

В таблице приведены время  $T_i$ , затраченное на вычисление погонной ёмкости, её значение  $c_i$  и порядок матрицы СЛАУ  $N_i$  для конечной итерации выбора сегмента, а также разница значения  $c_i$  и значения  $c_p$ , вычисленного с равномерной сегментацией, и отношения времени  $T$ , затраченного на вычисления с равномерной сегментацией, к  $T_i$ .

Из таблицы видно, что наименьшее время вычисления соответствует использованию нормы ёмкостной матрицы для останова итераций, однако отклонение значения ёмкости составляет 3,67%. Время вычисления при замене начального шага сегментации в 3,91 раза меньше, чем время, затраченное на вычисления с равномерной сегментацией, а отклонение значения ёмкости составляет 0,11%. Время вычисления при использовании вектора решения СЛАУ для останова итераций в 5 раз меньше, чем время, затраченное на вычисления с равномерной сегментацией, а отклонение значения ёмкости составляет 0,11%.

**Результаты вычислений погонной ёмкости одного проводника**

Результаты	АИВОС	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
$c_i$ , пФ/м	129,312	132,2	127,493	132,205
$T_i$ , с	0,608	47,533	0,094	35,011
$N_i$	659	4082	182	2568
$i$	4	2	2	6
$c_p/c_i$ , %	2,29	0,11	3,67	0,11
$T/T_i$	305,5	3,91	1976	5,31

Таким образом, в работе предложено три способа выбора оптимальной сегментации границ проводников и диэлектриков на примере вычисления ёмкостной матрицы. Выполнено сравнение результатов, полученных с помощью предложенных способов, с результатами, полученными при использовании АИВОС в его оригинальной формулировке и равномерной сегментации на примере ранее исследованной конфигурации. Два способа позволяют получить более точные результаты, но путем потери быстродействия. Третий способ примерно при той же точности, относительно равномерной сегментации, показал 5-кратное ускорение.

Работа выполнена в рамках реализации гранта РФФИ 14-29-09254.

### Литература

1. Аширбакиев Р.И. Адаптивный итерационный выбор оптимальной сегментации границ проводников и диэлектриков в задачах электростатики / Р.И. Аширбакиев, В.К. Салов // Докл. Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. 2013. № 3(29). С. 159–161.

2. Суровцев Р.С. Аналитическая оценка вычислительных затрат на решение СЛАУ при многократном вычислении емкостной матрицы в диапазоне изменения диэлектрической проницаемости диэлектриков / Р.С. Суровцев, С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов // Численные методы и вопросы организации вычислений. Записки научных семинаров Санкт-Петербургского отделения математического института им. В.А. Стеклова РАН, 2014. Т. 428. С. 196–207.

УДК 621.396.41

# **СРАВНИТЕЛЬНОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СИММЕТРИЧНОЙ ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ**

*А.Н. Лесков, С.П. Куксенко*

Представлен расчет волнового сопротивления симметричной полосковой линии при изменении её размеров по аналитическим формулам и в системе TALGAT. Показано, что изменение расстояния от центрального проводника до краев анализируемой структуры имеет наибольшее влияние на численно вычисляемое волновое сопротивление.

**Ключевые слова:** симметричная полосковая линия, волновое сопротивление.

Полосковые линии различного типа (микрополосковые, щелевые, компланарные и др.) широко используются в радиоэлектронной аппаратуре в качестве линий передачи, а также в различных устройствах СВЧ. С продвижением в область всё более высоких частот отработка полосковых устройств усложняется и требует многократного проведения этапа макетирования. Проблемы с передачей сигнала возникают из-за того, что волновое сопротивление неравномерно на всем протяжении линии передачи, поэтому возникают эффекты резонансов из-за отражений сигналов от стыков отдельных проводников, разветвлений на плате и входов приемников. Для учета обозначенных проблем необходимо уметь правильно провести анализ линии передачи еще на стадии проектирования платы. Волновое сопротивление можно вычислить аналитически (для некоторых частных конфигураций) и численно с помощью электродинамического или квазистатического подходов. Квазистатический анализ вычислительно менее затратен, поэтому именно он чаще всего используется на практике, например в системе TALGAT [1].

Цель данной работы – провести сравнение результатов вычисления волнового сопротивления по аналитическим формулам и с помощью квазистатического подхода, реализованного в системе TALGAT, на примере симметричной полосковой линии.

Симметричная полосковая линия применяется обычно на частотах, превышающих несколько сотен мегагерц. Она состоит из тонкого металлического проводника прямоугольной формы, находящегося в однородном диэлектрике, который расположен между двух металлических пластин. Низшей модой в такой линии является ТЕМ-волна. Поперечное сечение симметричной полосковой линии представлено на рис. 1.

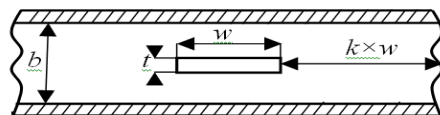


Рис. 1. Поперечное сечение симметричной полосковой линии

Известны аналитические выражения для волнового сопротивления симметричной полосковой линии при конечной толщине полоски  $t$  и отношении  $w/(b-t) < 10$ . Погрешность определения волнового сопротивления не превышает 0,5%. Оно вычисляется по формуле [2]

$$Z_0 = (30/\sqrt{\epsilon_r}) * \ln \left\{ 1 + (4/\pi m) \left\{ (8/\pi m) + \left[ (8/\pi m)^2 + 6,27 \right]^{0,5} \right\} \right\},$$

где  $m = w/(b-t) + \Delta w/(b-t)$ ;

$$\Delta w/(b-t) = x/\pi(1-x) * \left\{ 1 - 0,5 \ln \left[ \left( \frac{x}{2-x} \right)^2 + \left( \frac{0,0796x}{w/b+1,1x} \right)^p \right] \right\};$$

$$p = 2 / \left( 1 + \frac{2}{3} \frac{x}{1-x} \right); \quad x = t/b. \quad (1)$$

В системе TALGAT возможны два способа построения поперечного сечения заданной структуры. В первом случае (структура 1) структура будет иметь два заземленных проводника. Во втором случае (структура 2) вместо нижнего заземленного проводника бесконечно длинная плоскость земли. В табл. 1 приведены зависимости волнового сопротивления структуры 1 и структуры 2 от толщины заземленного проводника для параметров линии  $b = 50$  мкм,  $t = 5$  мкм,  $w = 1$  мм,  $\epsilon = 5$ ,  $k = 3$ . Видно, что толщина заземленного проводника несущественно влияет на результат.

Таблица 1

**Значения волнового сопротивления структур 1 и 2  
при разной толщине заземленного проводника**

Толщина заземленного проводника	Структура 1	Структура 2
$t$	15,0504	17,6549
Бесконечно малая	15,0504	17,5151

Далее выполнено исследование влияния расстояния от полоска до границы структуры за счет изменения параметра  $k$  на волновое сопротивление структур при  $t = 5$  мкм,  $w = 1$  мм,  $\epsilon_r = 5$ . Результаты сведены в табл. 2. Также приведены значения, полученные аналитически по (1). Видно, что чем больше значение  $k$ , тем ближе полученное значение волнового сопротивления к полученному по (1).

Таблица 2

**Значения волнового сопротивления  
при разной толщине заземленного проводника**

$b$ , мкм	Структура	$k$					(1)
		2	5	10	15	20	
50	1	15,0504	15,0504	15,0504	15,0504	15,0504	15,696
	2	18,3143	16,7122	15,9715	15,6889	15,5394	
200	1	42,6278	42,3596	42,3581	42,3581	42,3581	44,213
	2	51,6464	47,7072	45,5465	44,644	44,144	
450	1	67,4798	63,2969	63,0401	63,0349	63,0348	65,334
	2	78,4072	72,486	69,0959	67,5324	66,6245	

Поскольку система TALGAT основана на численном вычислении волнового сопротивления, точность вычислений зависит от числа сегментов, на которые



разбивается исследуемая структура. В табл. 3 приведены значения волнового сопротивления, полученные при следующих параметрах структуры:  $w = 1$  мм,  $\epsilon_r = 5$ ,  $b = 50$  мкм,  $t = 5$  мкм при изменении длины сегмента:  $t/3$ ,  $t/5$ ,  $t/10$ . Видно, что при увеличении сегментации значение волнового сопротивления меняется незначительно.

Таблица 3

**Зависимость волнового сопротивления от сегментации при  $b = 50$  мкм**

Сегментация	Структура	$k$					(1)
		2	5	10	15	20	
$t/3$	1	15,0504	15,0504	15,0504	15,0504	15,0504	15,696
	2	18,3143	16,7122	15,9715	15,6889	15,5394	
$t/5$	1	15,0413	15,0413	15,0413	15,0413	15,0413	
	2	18,3051	16,7031	15,9624	15,6798	15,5303	
$t/10$	1	15,0355	15,0355	15,0355	15,0355	15,0355	
	2	18,2994	16,6974	15,9567	15,6741	15,5246	

Из таблиц можно сделать вывод, что структура с бесконечно длинной землей (структура 2) имеет лучшую сходимость результатов к результатам (1). Так, минимальное отклонение волнового сопротивления составляет 0,16%, однако при малом  $k$  отклонение достигает 17%. Структура с двумя заземленными проводниками (структура 1) менее зависима от параметра  $k$ , но имеет большее минимальное отклонение – 4%.

Таким образом, в работе рассмотрено влияние параметров структуры на численно вычисляемое значение волнового сопротивления. Показано, что наибольшее влияние оказывает расстояние между центральным проводником и краями анализируемой структуры. Также показано, что для уменьшения вычислительных затрат предпочтительнее заменить один заземленный проводник бесконечной плоскостью земли, а второй сделать бесконечно тонким.

### Литература

1. Куксенко С.П. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости «TALGAT» / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2015. № 2(36). С. 45–50.
2. Фуско В. СВЧ-цепи. Анализ и автоматическое проектирование: пер. с англ. А.А. Вольман, А.Д. Муравцева; под ред. В.И. Вольмана. М.: Радио и связь, 1990.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Сопредседатели секции: *Корилов Анатолий Михайлович*, д.т.н., профессор,  
зав. каф. АСУ;

*Горитов Александр Николаевич*, д.т.н., профессор каф. АСУ

УДК 621.396.41

### СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

*А. Расил*

Представлены результаты исследования по использованию контроллера нечеткой логики с целью минимизирования потери мощности в радиальной электрической сети.

**Ключевые слова:** контроллер нечеткой логики, размещение компенсатора, снижение потери мощности.

Проблема размещения компенсатора реактивной мощности в электрической сети широко обсуждается в технической литературе, особенно с начала 1980 г. С тех пор были предложены многие методы решения этой проблемы, например численные методы нелинейного программирования, аналитические методы, математическое программирование и множество других методов также были разработаны для решения этой проблемы. В последние годы найти решение с рассматриваемой проблемы пытаются получить с помощью методов искусственного интеллекта [5]. К ним относят вычислительные и эволюционные методы, генетические алгоритмы, и алгоритмы муравьиной колонии получили наилучшие результаты, использование имитации отжига также было очень успешным [5].

Нечеткая логика используется для решения проблемы оптимального размещения компенсатора и дает хорошие результаты [3]. В этой работе использована нечеткая логика с целью не только снижения потерь мощности в сети, но также для уменьшения падения напряжения.

**Нечеткая логика.** В [1. С. 1] дается следующее объяснение контроллера нечеткой логики: «В течение последних десятилетий нечеткая логика управления была одной из самых активных и плодотворных областей исследования в области приложения теории нечетких множеств».

Нечеткая логика управления структуры системы состоит из следующих основных частей: фаззификация; база правил; алгоритмы вывода; дефаззификация.

**Определение оптимального размещения компенсатора с использованием нечеткого подхода.** В данной работе нечеткая логика используется не только с целью снижения потери мощности в сети, но также для уменьшения падения напряжения. Система нечеткого вывода, содержащая набор правил, используется для определения индекса подходящего расположения компенсатора для каждого узла в распределенной системе. Компенсаторы должны размещаться в узлах с наибольшим индексом (CSI). Построим контроллер нечеткой логики в MATLAB. Функции принадлежности контроллера нечеткой логики показаны на рис. 1–3.

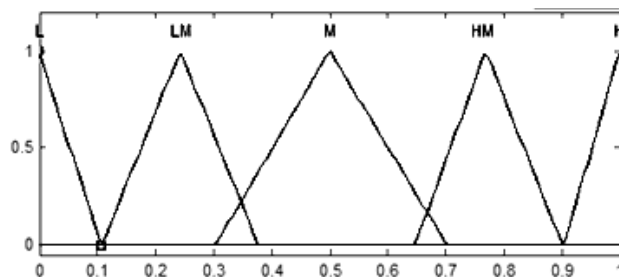


Рис. 1. Функция принадлежности индекса снижения потерь мощности

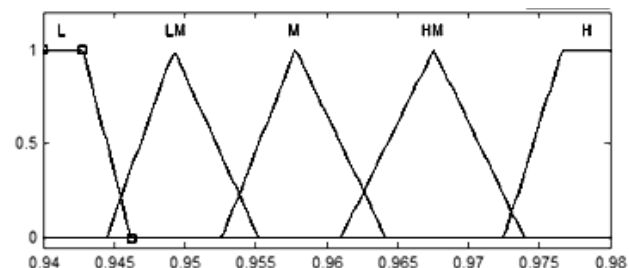


Рис. 2. Функция принадлежности напряжения в узлах

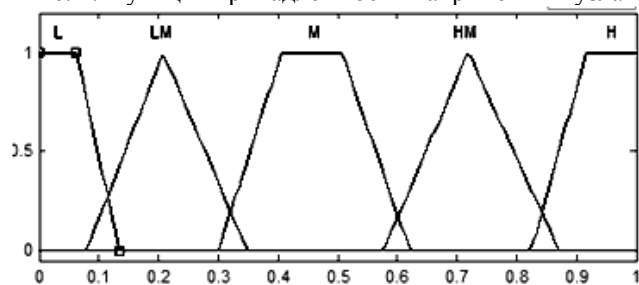


Рис. 3. Функция принадлежности индекса подходящего местоположения компенсатора

Сначала необходимо определить величины потерь активной и реактивной мощности с помощью программы RS-3 (программа для расчета установившегося режима). Снижение потерь мощности линейно нормализуются в интервале  $[0, 1]$  с наибольшим значением снижения потерь, равным 1, и наименьшим значением равным 0. Индекс значения потерь получен из уравнения [4]:

$$PLI = \frac{\text{Снижение потерь } (n) - \text{Снижение потерь } (\min)}{\text{Снижение потерь } (\max) - \text{Снижение потерь } (\min)} \quad (1)$$

Принцип метода нечеткой логики представлен на рис. 4.

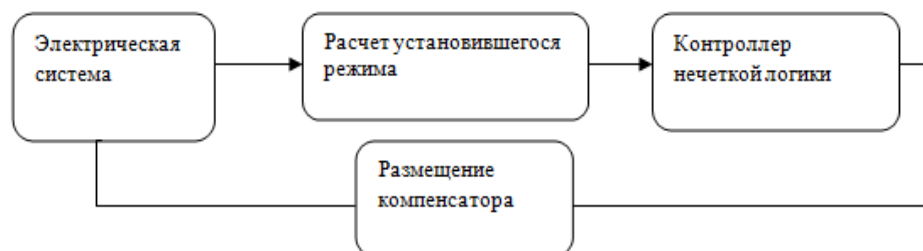


Рис. 4. Принцип метода нечеткой логики

Индекс потери мощности (PLI) и напряжение  $V$  для каждого узла являются входными сигналами контроллера нечеткой логики, индекс подходящего местоположения компенсатора (CSI) является выходным сигналом. Структура нечеткого регулятора показана на рис. 5.

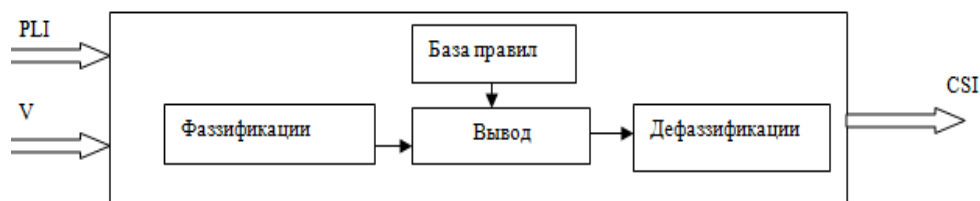


Рис. 5. Структура нечеткого регулятора

Лингвистические переменные определены как  $\{L, LM, M, H, HM\}$ , где  $L$  означает малое,  $LM$  – малое среднее,  $M$  – среднее,  $HM$  – большое среднее и  $H$  – большое значение переменной. Выберем треугольные и трапециевидные функции для представления лингвистических переменных. Правила, предлагаемые для контроллера, показаны в табл. 1.

Таблица 1

**Правила контроллера нечеткой логики**

Индекс подходящего компенсатора (CSI)		Напряжения в узлах ( $V$ )				
		$L$	$LM$	$M$	$HM$	$H$
Индекс снижения потери мощности (PLI)	$L$	$L$	$L$	$L$	$LM$	$LM$
	$LM$	$L$	$L$	$LM$	$LM$	$M$
	$M$	$L$	$L$	$LM$	$M$	$HM$
	$HM$	$L$	$LM$	$M$	$HM$	$HM$
	$H$	$LM$	$LM$	$M$	$HM$	$H$

#### Моделирование электрической сети и результаты нечеткого управления.

Для изучения эффективности использования нечеткого контроллера с целью определения оптимального места для размещения компенсатора реактивной мощности была выбрана сеть 10 кВ, состоящая из пяти узлов, причем в каждом узле имеется индуктивная нагрузка (рис. 6). Для расчета установившегося режима использована программа RS-3.

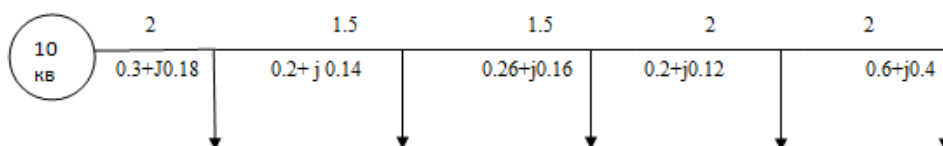


Рис. 6. Исследуемая сеть

Все длины показаны на рисунке в км, а нагрузки – в МВА. С помощью программы RS-3 получены значения потерь мощности и напряжения в каждом узле.

Получены потери мощности в сети без компенсатора. Затем установлены компенсаторы ( $Q = 0,5$  МВар) в первом, втором, третьем, четвертом и пятом узлах и рассчитаны потери в сети. В соответствии с уравнением (1) рассчитан индекс потери мощности (PLI) для каждого узла в сети. Потери мощности в сети без компенсатора составили 65,99 кВт. Результаты, полученные при размещении компенсатора во всех узлах, показаны в табл. 2.

Таблица 2

**Расчет установившегося режима**

Узел	Первый	Второй	Третий	Четвертый	Пятый
Напряжение (p.u)	0,984	0,9748	0,9724	0,9674	0,9568
Потери, кВт	59,5	54,818	52,949	50,619	49,458
Индекс потери мощности (PLI)	0	0,366	0,651	0,8836	1

Полученные результаты использованы как входные сигналы контроллера нечеткой логики. В результате мы получаем индекс подходящего расположения компенсатора (CSI). Узел, имеющий самый высокий индекс, является наилучшим местом для размещения компенсатора. Индекс подходящего месторасположения компенсатора (CSI) является выходным сигналом контроллера нечеткой логики. Результаты показаны в табл. 3.

Таблица 3

**Значения индексов подходящего расположения компенсатора от места его установки**

Узел	Первый	Второй	Третий	Четвертый	Пятый
Значения индекса подходящего расположения компенсатора (CSI)	0	0,47	0,472	0,473	0,5

Из полученных результатов отметим, что лучшее место для размещения компенсатора находится в пятом узле, где значение индекса выше ( $CSI = 0,5$ ), потери



мощности наименьшие, а напряжение в узле наибольшее. На рис. 7 показаны потери мощности в сети без компенсатора и после компенсации реактивной мощности в пятом узле.

Рис. 7. Потери мощности в сети без компенсатора и после компенсации

**Заключение.** Исходя из проведенного исследования и сделанных нами выводов, мы предлагаем использовать нахождение оптимального расположения компенсатора реактивной мощности с использованием контроллера нечеткой логики не только для повышения напряжения сети и снижения потери мощности, но и для оптимального уменьшения гармоник напряжения и тока.

**Литература**

1. Abdel Ghani Aissaoui, Ahmed Tahour // Application of Fuzzy Logic in Control of Electrical Machines. 2010. P. 23.
2. Brahim GASBAOUI, Abdelkader CHAKER /Optimal Placement and Sizing of Capacitor Banks Using Fuzzy-Ant Approach in Electrical Distribution Systems. 2010. P. 2–5.
3. Sandhya K., Jaya Laxmi Dr.A., P.Soni Dr.M. // Optimal Voltage Regulators Placement in Radial Distribution System Using Fuzzy Logic. 2013. P. 2–6.
4. Goyal Neha, Singh Pushpendra // Optimal Placement of Capacitors in Radial Distribution System to Minimizes the Losses at Variable Load Levels. 2014. P. 2–4.
5. Kirmani Sheeraz, Rahman Md. Farrukh, Kumar Chakresh / Loss Reduction in Distribution System Using Fuzzy Techniques. 2010. P. 2–4.

## ВЫЯВЛЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ РАСЧЕТА ПОЖАРНОГО РИСКА

*А.М. Данченко, В.С. Тараканов*

Представлены результаты выявления пользовательских и функциональных требований к системе расчета пожарного риска согласно своду знаний по инженерии программного обеспечения SWEBOOK. Приведен анализ конкурентов в срезе проблем пользователей программных продуктов в области расчетов пожарных рисков.

**Ключевые слова:** пожарные риски, пожарная безопасность, расчет величин пожарного риска, пользовательские требования, функциональные требования, SWEBOOK.

Процесс проектирования любого программного продукта обязательно включает в себя этап формирования требований к разрабатываемой системе.

Согласно своду знаний по инженерии программного обеспечения SWEBOOK (Software Engineering Body of Knowledge) выделяют следующие уровни требований к программному продукту:

1. Бизнес-требования – высокоуровневые цели руководства организации, инвесторов и покупателей программного обеспечения. Пример бизнес-требования: «Разработать клиент-серверное приложение, позволяющее сократить время проведения расчетов величин пожарного риска по сравнению с аналогичными решениями на рынке».

2. Требования пользователя – предназначены для описания целей и задач, на решение которых направлена разработка. Пример пользовательских требований: «Использование файлов в формате .dxf», «Соответствие проводимых расчетов Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», «Автоматическая генерация отчета по проведенным расчетам».

3. Функциональные требования – описывают функциональность системы, которая удовлетворяет бизнес-требованиям и требованиям пользователя. В итоге формируется список функций, которые необходимо реализовать разработчикам в рамках бизнес-требований и в контексте пользовательских требований [2].

Источниками требований являются [3]:

- 1) федеральное и муниципальное отраслевое законодательство (конституция, законы, распоряжения);
- 2) нормативное обеспечение организации (регламенты, положения, уставы, приказы);
- 3) текущая организация деятельности объекта автоматизации;
- 4) модели деятельности (диаграммы бизнес-процессов);
- 5) представления и ожидания потребителей и пользователей системы;
- 6) журналы использования существующих программно-аппаратных систем;
- 7) конкурирующие программные продукты.

При составлении пользовательских требований для разрабатываемого программного обеспечения по расчету пожарного риска авторами статьи использовались следующие источники:

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (далее – методика) [4].

2. Интервьюирование специалистов по расчету пожарных рисков.
3. Анализ конкурирующих программных продуктов.

**Пользовательские требования.** Были выявлены следующие пользовательские требования:

1. Уменьшение времени моделирования и расчета величин пожарного риска, снижение нагрузки на вычислительные мощности оборудования пользователя.
2. Реализация моделей расчета согласно методике.
3. Возможность импорта планов зданий в инженерных форматах.
4. Использование визуального редактора для ручного внесения данных о здании.
5. Предотвращение дублирования информации для расчета времени эвакуации и расчета времени распространения пожара для каждого сценария развития пожара, однократный ввод необходимых параметров для проведения расчетов.
6. Автоматическое формирование отчета.

Далее представлена сводная таблица, где отражены собранные пользовательские требования в разрезе функционала конкурирующих программных продуктов.

#### Анализ конкурентов

Программный продукт	Проведение расчетов	Модели расчета	Импорт планов зданий	Редактор планов зданий	Работа со сценариями	Генерация отчетов
«Fenix+»	На клиенте	Индивидуально-поточная, полевая	.dxf, .dwg	Визуальный, расширенный, поддержка многоэтажности	Единый сценарий для эвакуации и распространения пожара	На основе сценариев
«Фогард»	На сервере	Все указанные в методике	Изображения в качестве подложки	Примитивный, визуальный только для эвакуации	Отдельные сценарии для эвакуации и развития пожара	Отдельно для эвакуации и развития пожара
Комплекс «СИТИС»	На клиенте	Все указанные в методике	.dxf, .dwg	Визуальный, расширенный, мощные инструменты для описания топологии здания	Отдельные модули расчета для эвакуации и развития пожара, сводящиеся вручную в отдельной программе	На основе сценариев
Комплекс «FireCat»	На клиенте	Индивидуально-поточная и полевая	.dxf, .dwg	Визуальный, расширенный, мощные инструменты для описания топологии здания	Отдельные модули расчета для эвакуации и развития пожара, сводящиеся вручную в отдельной программе	На основе сценариев

**Функциональные требования.** Исходя из параметров системы, которые, по итогам опроса, наиболее важны для пользователей, и соответствующих решений, реализованных в конкурирующих продуктах, были составлены следующие функциональные требования к разрабатываемой системе.

1. Использование клиент-серверной архитектуры. Решения в области расчета пожарных рисков достаточно тяжеловесны и требовательны к вычислительным мощностям оборудования пользователя. Моделирование и расчет могут занимать продолжительное время, на протяжении которого пользователь не может выполнять других действий, что соответственно значительно увеличивает время разработки. Данная проблема решается с помощью разработки клиент-серверной архитектуры приложения, где расчеты проводятся на стороне сервера, а во время их проведения пользователь может продолжать работать с программой.

2. Реализация индивидуально-поточной модели эвакуации и полевой модели развития пожара. Программный продукт, ориентированный на расчет пожарного риска, должен обеспечивать расчет его величин – времени эвакуации и времени распространения пожара. В Методике указано по 3 модели для каждой величины, но некоторые программные продукты реализуют необходимый минимум – наиболее адекватные процессу и получившие признание во всем мире вышеперечисленные модели [5]. Исходя из этого, именно данным моделям будет отведен приоритет в разработке.

3. Реализовать импорт планов зданий инженерных форматов. Программный продукт по расчету пожарного риска в первую очередь обрабатывает характеристики здания. Если пространственно-планировочные данные здания, для которого будет проводиться расчет, существуют в виде файла инженерного формата .dxf или .dwg, то импорт планов из данных форматов значительно уменьшит время и трудозатраты на подготовку к расчетам.

4. Реализовать предметноориентированный редактор планов зданий. Поскольку далеко не все здания имеют план в инженерных форматах, необходимо предоставить удобный редактор для ручного внесения данных о здании. Редактор будет позволять:

- использовать изображение плана здания (.jpg, .png) в качестве подложки;
- учитывать реальные конструкции – лестницы, пандусы, перекрытия, а также позволять расставлять преграды внутри помещения;
- задавать параметры конструкциям и помещениям для проведения наиболее точного расчета;
- предусмотреть гибкую архитектуру системы для последующего дополнения топологии и учета изменений при расчетах.

5. Организовать однократную работу над сценарием развития пожара. Расчет пожарного риска предполагает под собой моделирование наиболее опасных вариантов развития пожара – сценариев и определения вероятности гибели или травмы людей по каждому из них. Так как количество сценариев напрямую зависит от конструктивной сложности и объема здания, то порядок работ со сценариями является критическим для пользователей программных продуктов, в которых преимущественно объединение результатов по времени эвакуации и времени распространения пожара для одного сценария происходит в ручном или полуавтоматическом режиме (необходимо обязательно указать соответствие рассчитанного времени эвакуации и времени распространения пожара для каждого сценария). Поэтому необходимо изначально закладывать в архитектуру системы организацию работы над единым сценарием для эвакуации и распространения пожара.

6. Формировать единый отчет в соответствии со сценариями. При реализации работы со сценариями, указанной в п. 5, возможна полностью автоматическая генерация отчета согласно результатам сценариев. Для формирования отче-



та необходимо предусмотреть понятие «проект», в котором будут группироваться соответствующие сценарии.

В итоге проведенной работы были выяснены пользовательские требования, согласно которым был проведен анализ конкурентов для выяснения существующих решений, из которых были выбраны наиболее оптимальные для каждой выявленной проблемы. На основе результатов анализа пользовательских требований был составлен список функциональных требований, подлежащих реализации в разрабатываемой системе по расчету пожарного риска.

#### Литература

1. SWEBOK V3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.computer.org/web/swbok/v3> (дата обращения: 29.09.2015).
2. Вигерс К.И. Разработка требований к программному обеспечению / К.И. Вигерс, Битти Джой. М.: Русская редакция, 2014. 736 с.
3. <http://www.intuit.ru/studies/courses/2188/174/info>
4. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс]: Приказ МЧС РФ от 30.06.2009 № 382 (ред. от 12.12.2011). Доступ из справ.-прав. сист. «КонсультантПлюс» (дата обращения: 29.09.2015).
5. Данченко А.М. Применение индивидуально-поточной модели эвакуации при оценке рисков пожарной опасности в общественных зданиях / А.М. Данченко, В.С. Тараканов, В.В. Штерн // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2014. С. 167–171.

УДК 681.516.75

#### СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ДЛЯ ЦИКЛОНА-ПЫЛЕОТДЕЛИТЕЛЯ

*Т.А. Еρμοшин, А.П. Борисов*

Рассмотрен экспериментальный циклон-пылеотделитель. Представлен процесс разработки системы автоматического управления и контроля для него. Выбрано оборудование для системы. Описано программное обеспечение. Показана эффективность работы разработанной установки при различных входных параметрах.

**Ключевые слова:** циклон-пылеотделитель, автоматизация, управление, программируемый логический контроллер, электродвигатель, частотный преобразователь, контроль, датчики.

Только в Алтайском крае общее количество зерноперерабатывающих предприятий составляет 427, в том числе 53 из них крупные и средние. Поэтому для увеличения выхода своей продукции современное мукомольное производство не может обойтись без автоматизации технологических процессов. Системы автоматического контроля и управления повышают производительность труда, безопасность производства, увеличивают выход продукции, снижают брак, экономят ресурсы. Используя современные средства автоматизации, можно на 10–15 лет

продлить срок службы технологического оборудования. Но главное – без современных автоматических систем управления невозможно гарантировать качество выпускаемой продукции, а качество – это приоритетный критерий конкурентоспособности товара на рынке.

Очистка воздуха – одна из важнейших задач на всех заводах, где принимается, хранится и транспортируется воздухом порошкообразное сырьё. Поэтому очистка и разделение аэрозольных смесей относится к числу важных и широко распространённых процессов.

Инерционно-гравитационные пылеотделители (циклоны) применяются для сухой очистки больших объемов воздуха, конструктивные элементы которых обеспечивают вращательное или поступательное движение воздушного потока. По сравнению с другими пылеотделителями циклоны обладают следующими преимуществами: простота конструкции, надежность и экономичность; удовлетворительная работоспособность, долговечность и ремонтпригодность; большая пропускная способность при сравнительно невысоких аэродинамических сопротивлениях.

Коэффициент очистки обычных циклонов может достигать 97%, а в улучшенных и модернизированных конструкциях на отдельных видах продукта – даже 99% и выше.

Следует отметить, что реальная эффективность очистки воздуха в циклонах в производственных условиях гораздо ниже (порядка 80%), что обусловлено различными причинами, одной из таких причин, например, может являться невыполнение условия по соответствию входной скорости оптимальному значению.

Система контроля и управления разрабатывается для экспериментального циклона-пылеотделителя, разработанного на кафедре «Машины и аппараты пищевых производств» АлтГТУ им. И.И. Ползунова (разработка защищена патентами Российской Федерации, не имеет аналогов, что подтверждено Гран-при на Международной Сеульской ярмарке изобретений «SIIF-2008», и изобретение к патенту RU 23 1715 5 C1 «Способ аэроцентробежного разделения продуктов размола» внесено в базу данных перспективных российских разработок). Данный циклон одновременно с очисткой воздуха может применяться для разделения дисперсных материалов на фракции по совокупности физико-механических свойств. В нем повышена эффективность разделения на фракции продуктов размола частиц размером от 240 до 0,1 мкм с коэффициентом очистки воздуха до 99,8%. Однако данная установка практически не автоматизирована, что делает работу с ней достаточно сложной, поэтому возникла необходимость ее автоматизации.

Система состоит из следующих компонентов:

- 1) экспериментальный циклон-пылеотделитель;
- 2) электродвигатель с вентилятором для создания потока воздуха;
- 3) электродвигатель для управления процессом дозирования очищаемого продукта;
- 4) датчики для контроля параметров системы;
- 5) управляющее устройство системы – программируемый логический контроллер.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) с управляющей программой является главным элементом системы. В качестве исполнительных устройств в системе служат два частотных преобразователя, позволяющих изменять скорость вращения вала электродвигателя вентилятора и электродвигателя доза-

тора соответственно. Для успешной реализации системы необходимо выбрать оборудование, соответствующее следующим требованиям:

- Программируемый логический контроллер должен обладать дисплеем, эргономичной клавиатурой, интерфейсом Modbus/RTU.
- Два асинхронных электродвигателя для управления процессами вентиляции и дозирования.
- Частотные преобразователи должны быть достаточной мощности для работы с выбранными асинхронными электродвигателями.

В качестве ПЛК был выбран SMH2010C производства компании Segnetics – компактный, быстродействующий программируемый контроллер, предназначенный для операций управления в системах, требующих до 832 входов/выходов [1]. Программное ядро, установленное на контроллере, позволяет при помощи специального инструментального пакета SMLogix, работающего под ОС семейства Microsoft Windows, создавать пользовательские программы управления для контроллера на языке функциональных блоков (FBD) [2].

Для управления вентилятором был выбран асинхронный электродвигатель АДМ80А2У2 с номинальной мощностью 1,5 кВт и номинальными оборотами 2850 об/мин, а для управления дозатором – асинхронный электродвигатель АИМ63А4 с номинальной мощностью 0,5 кВт и номинальными оборотами 1350 об/мин. Оба двигателя имеют КПД 70% [5].

В качестве частотных преобразователей были выбраны преобразователи производства компании Delta серии VFD-E. Данные преобразователи по своим параметрам подходят для работы с выбранными асинхронными электродвигателями.

Управляющая программа для ПЛК была разработана в среде SMLogix.

При включении системы на экране ПЛК появляется приветственный диалог (рис. 1), из которого с помощью нажатия кнопки F1 осуществляется переход в главное меню (рис. 2). Основными элементами программы управления являются макросы: «Номинальные обороты», «Пуск двигателей», «Параметры», реализующие одноименные меню [3].

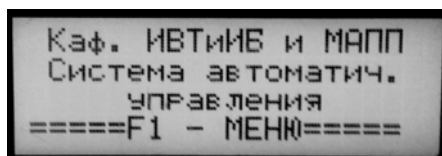


Рис. 1. Приветственный экран

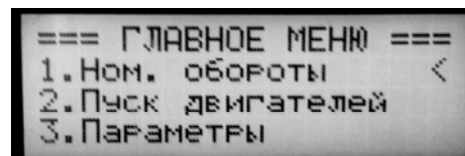


Рис. 2. Главное меню

В меню «Номинальные обороты» осуществляется ввод номинальных оборотов двигателей. Осуществляется проверка корректности введенного значения. В меню «Пуск двигателей» есть возможность установить желаемую скорость вращения валов двигателей и с помощью кнопок F2 и F3 запустить двигатели. В меню «Параметры» в ходе работы показываются характеристики воздушного потока [4].

Контроль качества выполняется с использованием следующих приборов:

1. Для контроля весовой концентрации пыли в технологических потоках и в выбросах теплоэнергетических и прочих источниках экологически опасных выбросов пыли используется прибор Sintrol S303. Прибор стационарный, автоматический, оснащен микропроцессором, двумя сигнальными реле, аналоговым токовым выходом 4-20 мА и последовательным интерфейсом RS-485.

Для модели S303 используется испытанная и надежная технология измерения концентрации пыли посредством трибоэлектрического эффекта, при котором посредством столкновения частиц с сенсорным стержнем происходит динамическое взаимодействие между зарядом пылевых частиц и сенсором.

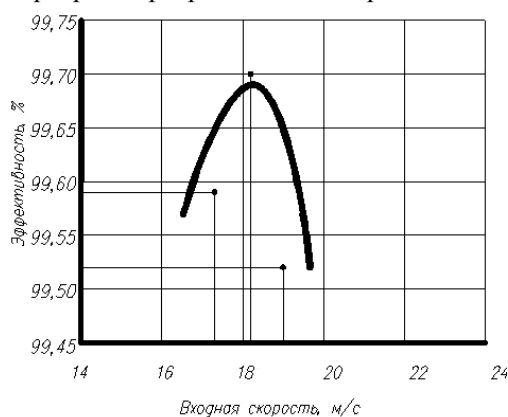
2. В качестве датчика избыточного давления используются датчики ОВЕН серии ПД100-ДИ, которые предназначены для систем автоматического регулирования и управления в различных областях промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, на тепловых пунктах и непрерывно преобразуют избыточное давление измеряемой среды в унифицированный сигнал постоянного тока 4–20 мА.

3. Вихревой преобразователь расхода «Тирэс» предназначен для преобразования объемного расхода жидкости, газа и пара при рабочем давлении и температуре в число-импульсный сигнал.

Все датчики подключены к промышленному контроллеру SMH2010C и имеют обратную связь на случай отклонения параметров и быстрой их корректировки для установления их в нормальный режим работы.

После разработки и тестирования системы управления был проведен эксперимент. Эксперименты проводились по три раза при различных скоростях движения воздуха, которые регулируются изменением частоты вращения рабочего колеса вентилятора. В каждом эксперименте измерение динамического давления проводилось последовательно по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

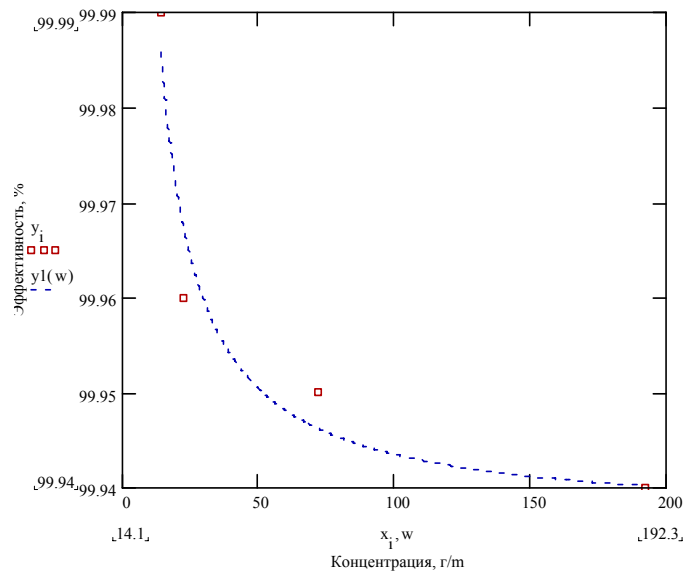
Рис. 3. График зависимости эффективности отделения продукта от входной скорости воздуха для муки

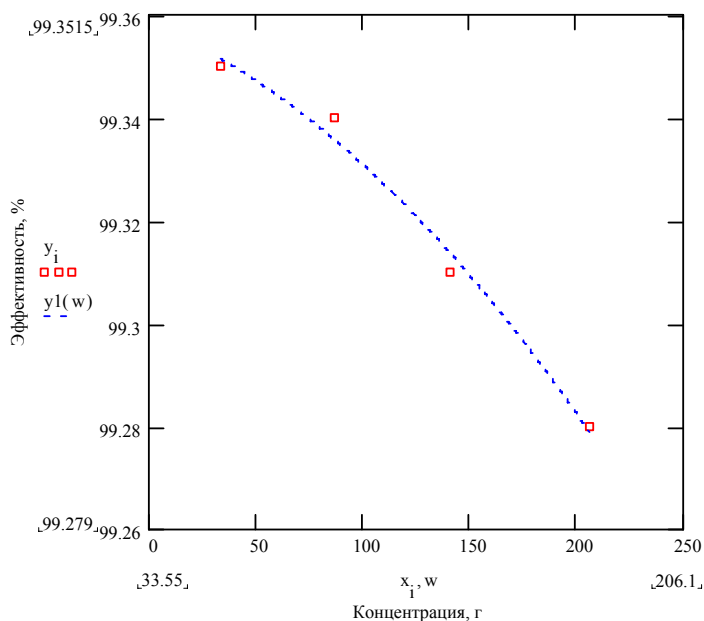


Для взвешивания продукта использовались лабораторные весы.

Результаты эксперимента для муки показаны на графике, представленном на рис. 3, а для манной крупы – на рис. 4.

Рис. 4. График зависимости эффективности отделения продукта от входной скорости воздуха для манной крупы





На рис. 5 представлен график зависимости эффективности отделения от концентрации продукта на входе.

Рис. 5. График зависимости эффективности отделения от концентрации продукта на входе

Из графиков видно, что разработанная установка позволяет при различных входных скоростях получать высокую эффективность отделения продукта (> 99%). Наиболее высокая эффективность отделения продукта достигается при входной скорости воздуха 18 м/с, для этого необходимо подавать на частотный преобразователь значение 45 Гц.

**Заключение.** Разработанная система автоматического управления и контроля позволяет обеспечить легкое и быстрое управление процессами очистки воздуха и дозирования с помощью циклона-пылеотделителя. В дальнейшем для более качественного контроля за процессом пылеотделения необходимо установить датчики скорости и давления, подключенные к существующему промышленному микроконтроллеру SMH2010C, который должен в автоматическом режиме обрабатывать поступающую на него информацию и в режиме реального времени корректировать работу циклона-пылеотделителя.

### Литература

1. Программное обеспечение SMLogix [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://segnetics.com/smlogix>, свободный.
2. Панельный контроллер SMH 2010C [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://segnetics.com/main.aspx?Page=229>, свободный.
3. Разработка системы автоматического управления дозированием циклона-пылеотделителя на базе промышленного контроллера SMH2010C / Т.А. Ермошин, А.П. Борисов // Измерение, контроль, информатизация: матер. XV Междунар. науч.-техн. конф. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. С. 217–220.
4. Разработка системы автоматического управления процессом очистки воздуха и дозирования для циклона-пылеотделителя / Т.А. Ермошин, А.П. Борисов // Ползуновский вестник. № 2. Барнаул, 2014. С. 159–163.
5. Ермошин Т.А., Борисов А.П. Разработка системы автоматического дозирования для циклона-пылеотделителя [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://edu.secna.ru/media/f/inf\\_begopasnost\\_tez\\_2014.pdf](http://edu.secna.ru/media/f/inf_begopasnost_tez_2014.pdf)

**ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАМПУСОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ*****П.Ю. Найданов, А.А. Урасова, А.В. Фоменко***

Рассматривается способ оптимизации управления кампусом посредством веб-ориентированной геоинформационной системы при решении задач расселения студентов, инвентаризации оборудования, геоанализа и электронного документооборота.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, оптимизация, вуз, кампус.

На сегодняшний день геоинформационные системы (ГИС) являются неотъемлемой частью общественной жизни. За последние десятилетия ГИС прошли путь развития от узкоспециализированных картографических приложений до становления частью геоинформационной инфраструктуры [1]. ГИС используется для решения все большего числа таких задач, как навигация и определение местоположения в пространстве, обеспечение наглядности представления информации, анализ пространственных данных и в качестве инструментов поддержки принятия решений. ГИС в настоящее время распространены во множестве сфер: маркетинг, здравоохранение, военное дело, справочная информация и многое другое. Геоинформация очень важна и полезна во всех этих сферах жизни общества. Мгновенная обработка большого числа данных и одновременная визуализация всех их на экране – одна из лучших возможностей геоинформационных систем.

Работа вуза состоит из многих аспектов: инвентаризационных, управленческих, хозяйственных. Наличие оборудования в аудиториях, расселение студентов в общежитиях, состояние помещений – все это в настоящее время производится при помощи большого числа документов либо программного обеспечения широкого профиля (например, электронные таблицы), не предназначенного для узких задач кампуса. Таким образом, университет имеет необходимость в программном обеспечении (ПО) для ведения электронных схем кампуса (прилегающих территорий и поэтажных планов) [2].

Под кампусом принято понимать университетский городок, который может включать, как правило, учебные помещения, научно-исследовательские институты, жилые помещения для студентов, библиотеки, аудитории, столовые и т.п.

Кампус Томского университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) представляет набор территориально распределенных по городу объектов (зданий и сооружений различного назначения). Каждое здание имеет несколько этажей и довольно обширную систему помещений. Для студенческих общежитий это жилые и бытовые помещения, для учебных корпусов – лекционные, лабораторные аудитории и подсобные помещения, каждое из которых имеет не только инвентарь, но и специальное оборудование. Особым образом разработанная ГИС позволит объединить все это и ускорить работу в несколько раз [3]. Именно таким прототипом и является новейшая разработка – ГИС вуза – система инвентаризации и регистрации персонала и обучающихся во всем университете.

Рассмотрим пример заселения студента в общежитие – необходимо заселить студента первого курса ФСУ на пятый этаж общежития № 4. Алгоритм заселения представлен на рис. 1.



Рис. 1. Алгоритм заселения нового студента в общежитие

Для обнаружения доступных койко-мест используется функция ГИС «Тематические отчёты», работа с которой представлена на рис. 2. Там также настраивается фильтрация студентов по полу.

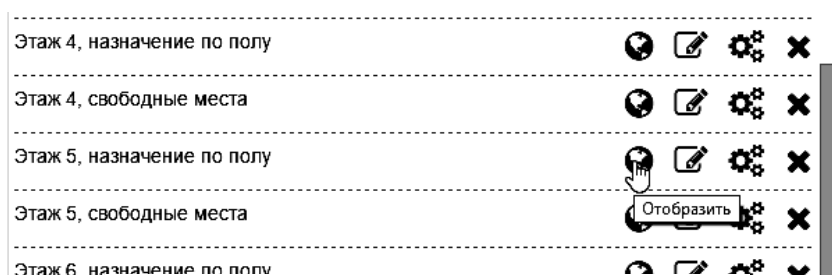


Рис. 2. Скриншот окна функции «Тематические отчёты»

Пользователь после настройки тематического отчета также имеет возможность получить графическое представление поэтажного плана комнаты на иско-мом этаже (рис. 3).



Рис. 3. Результат отчёта по свободным местам

Студент-первокурсник не может быть в базе данных заранее, поэтому необходимо создать запись о нём. Это действие выполняется через функцию ГИС заполнения карточки объекта (рис. 4).

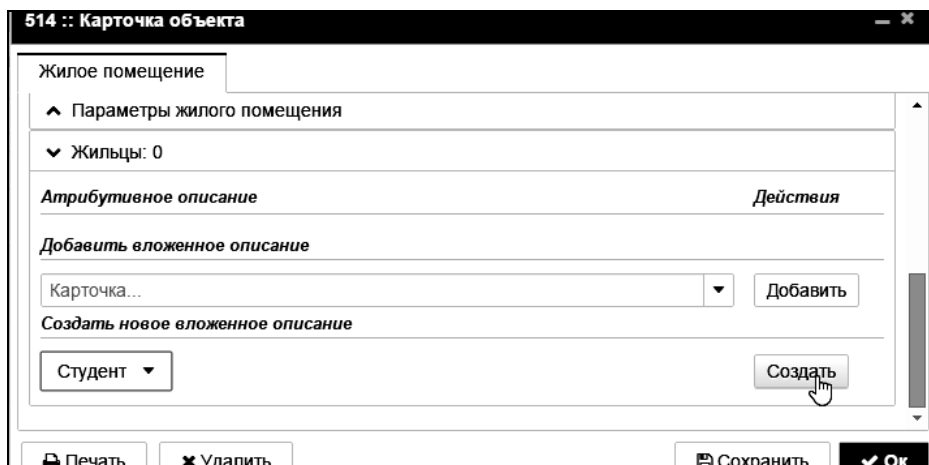


Рис. 4. Скриншот окна описания комнаты, пользователь добавляет нового студента и сразу заселяет в нужную комнату

После чего происходит закрепление студента за определенным койком-местом (рис. 5).

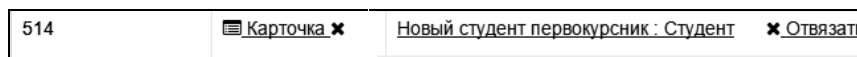


Рис. 5. Запись о новом студенте в нужной комнате общежития

На основании введенной в системе информации в базу данных могут быть построены шаблоны документов, необходимые для регистрации по месту пребывания.

Применение геоинформационных технологий при управлении кампусом ТУСУРа существенно оптимизировало временные затраты на расселение студентов в общежития вуза. В дальнейшем планируется внедрять геоинформационные технологии для решения задач инвентаризации помещений, расчета возможности появления чрезвычайных ситуаций [4] и их устранения.

### Литература

1. Гриценко Ю.Б. Геоинформационные технологии мониторинга инженерных сетей / Ю.Б. Гриценко, Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский. 2-е изд. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2013. 148 с.
2. Ехлаков Ю.П. Геоинформационные технологии в управлении инженерной инфраструктурой вуза / Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский, Ю.Б. Гриценко, Д.М. Еськин // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2003. № 8. С. 63–68.
3. Ехлаков Ю.П. Автоматизация процессов управления инженерной инфраструктурой промышленного предприятия на базе электронного генерального плана / Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский, Ю.Б. Гриценко // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2011. Т. 2, № 3. С. 108–113.
4. Голубева А.А. Моделирование времени эвакуации людей из зданий и сооружений при возникновении пожаров с использованием нечётких временных сетей Петри / А.А. Голубева, Ю.Б. Гриценко, Н.Ю. Салмина // Автоматизация. Современные технологии. 2013. № 6. С. 24–29.



# **ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ РЕЗОНАТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УСТРОЙСТВА РАДИОВОЛНОВОЙ ДИАГНОСТИКИ МИКРОПРОВОДА**

*Д.Ю. Гаврилов*

Разработаны интерфейсная часть и программное обеспечение обработки сигналов резонаторного преобразователя устройства радиоволновой диагностики микропровода. Интерфейсную часть обеспечивает микроконтроллер фирмы Lcard «E-154». Представлена блок-схема алгоритма программы обработки сигналов, описаны принцип ее работы и основные функциональные особенности. Программа написана на языке программирования Object Pascal.

**Ключевые слова:** Lcard, E-154, Object Pascal, обработка сигнала, радиоволновая диагностика.

**Актуальность диагностики микропровода.** Контроль в процессе производства микропроводов – это необходимая составляющая, без которой невозможно обеспечить достаточное качество конечного продукта. Различные дефекты могут возникать еще на стадии литья микропровода, некоторые из которых могут приводить к значительному разбросу характеристик изготавливаемых на его основе материалов. Это делает актуальной задачу разработки специального устройства диагностики микропровода. В настоящее время в ТГУ разрабатываются резонаторные датчики и схемы таких приборов. Данные приборы позволяют выявлять значительное количество дефектов готового микропровода. Целью данной работы является разработка сопряжения выходных сигналов таких датчиков с компьютером, их обработка и создание интерфейса с оператором, работающим с прибором. Для достижения этой цели было разработано специальное программное обеспечение на языке программирования Object Pascal.

**Алгоритм работы программы обработки сигнала.** На рис. 1 представлен вариант блок-схемы алгоритма работы программы.

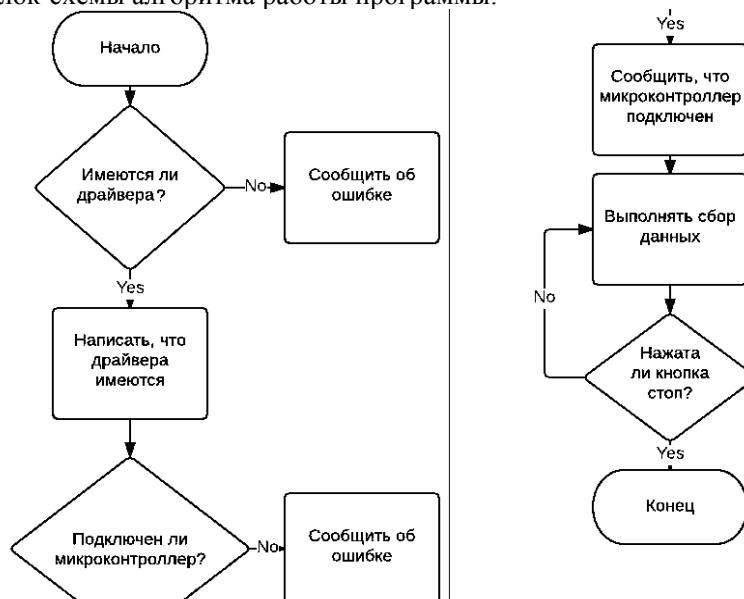


Рис. 1. Блок-схема алгоритма разработанного программного обеспечения, выполняющего компьютерную обработку сигнала резонаторного преобразователя

Следующие блоки ветвления: «Имеются ли драйвера?» и «Подключен ли микроконтроллер?» – выполняют проверочные функции, на старте работы устройства. Они реализуют следующие действия: проверка наличия библиотеки для работы с микроконтроллером, проверка версии этой библиотеки, проверка наличия драйвера микроконтроллера, проверка подключения микроконтроллера, распознавание его наименования, расчет скорости его работы. После исполнения каждого из описанных ранее блоков программа выводит сообщения о результатах работы. Следующий участок блок-схемы – это цикл с постусловием, который осуществляет сбор данных с микроконтроллера до тех пор, пока не нажата кнопка.

**Описание реализованной программы.** На рис. 2 изображен внешний вид основного окна программы, реализованной в среде разработки Delphi 6, по алгоритму, представленному выше.

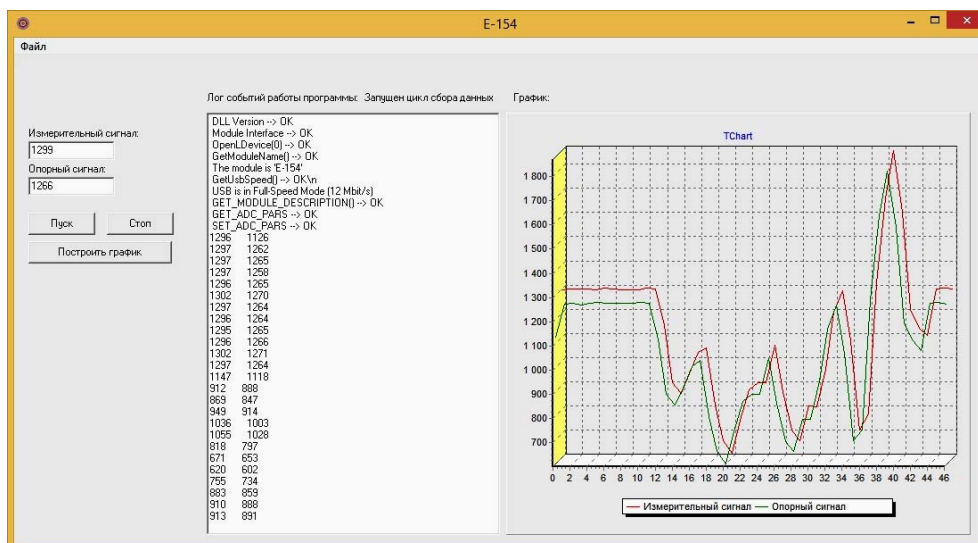


Рис. 2. Внешний вид программы обработки сигнала микроконтроллера Lcard «E-154»

Интерфейс программы (см. рис. 2): меню имеет пункт «Файл», с помощью которого можно сохранять обработанные данные в виде файла текстового формата или открывать ранее сохраненные файлы записи сигналов для их воспроизведения. С помощью кнопок «Пуск» и «Стоп» оператор, работающий с прибором, может соответственно начинать и завершать цикл сбора данных. Кнопка «Построить график» обеспечивает возможность построения графика по ранее записанным и сохраненным в виде файла данным. Журнал событий отображает информацию о результатах взаимодействия компьютера с микроконтроллером, а также выводит собранные с АЦП данные о сигналах в виде столбцов и дублирует их на графике. Текущие значения сигналов опорного и измерительного каналов отображаются в специальных полях.

Таким образом, в данной работе представлены результаты разработки интерфейсной части и программного обеспечения для сопряжения устройств неразрушающего радиоволнового контроля литого микропровода с компьютером. Данная программа обеспечивает реализацию основной функциональности устройства и его взаимодействие с оператором.

## Литература

1. Дунаевский Г.Е. Открытые резонаторные преобразователи. Томск: Изд-во НТЛ, 2006. С. 304.
2. Дорофеев И.О., Дунаевский Г.Е. Устройства квазиоптической резонаторной диагностики остеклованного литого микропровода // Дефектоскопия. 2014. № 12. С. 50–57.

УДК 004.624

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

*Г.Г. Гогоберидзе, Н.Н. Попов, В.М. Абрамов, А.А. Ершова, А.Н. Попова*

Предложен отечественный инновационный метод автоматизации и оптимизации хранения и обработки статей, докладов, тезисов и других документов с использованием современных методов программирования, таких как PHP5, SCSS, jQuery, HTML, библиотеки PHPWord, создания скриптов и сценариев, работы со свободной реляционной системой управления базами данных (MySQL). Созданный ресурс помогает автоматизировать процесс обработки текстов и формирования сборника материалов конференции, сохраняя единообразие форматирования.

**Ключевые слова:** автоматизация и оптимизация, информационные ресурсы, форматирование, обработка и хранение данных, базы данных, PHPWord.

**Задача автоматизации процесса формирования сборников.** В настоящее время развитие информационных технологий и их стремительное совершенствование приводят к тому, что без их применения становится невозможным развитие общества в целом, в том числе и в системе образования. Причем решающее значение для образования, в особенности высшего, имеет использование информационно-коммуникативных ресурсов (ИКТ).

В рамках международной конференции ЕМЕСС'11 – Морские берега XXVI для упрощения работы оргкомитета было принято решение разработать автоматизированную систему сбора материалов и формирования на их основе сборников, а также своевременного оповещения всех зарегистрированных участников об изменениях в программе конференции или других важных событиях; автоматического подсчета для каждого участника стоимости участия, визовых сборах при необходимости и иных данных. На сегодняшний день существуют разного рода системы, позволяющие решать подобные задачи, но среди них нет тех, которые позволили бы уйти от предъявления требований к оформлению предоставляемых печатных материалов. Таким образом, возникает необходимость разработки такого отечественного инновационного ресурса, адаптированного под нужды и требования российской высшей школы.

**Постановка задачи.** Microsoft Office Word (MS Word), который повсеместно применяют в качестве среды написания и оформления статей (как правило, от 2007 и выше), использует формат docx, который представляет собой XML, упакованный в zip. Библиотека PHPWord позволяет работать только с форматом

docx. Таким образом, единственное, что потребуется от пользователя, – сохранение материалов в указанном формате, что предпочтительнее, чем предъявление требований к оформлению.

Существует несколько вариантов создания большого числа word-документов одного типа, но разного содержания:

1. Обозначенный выше вариант – использование одной из библиотек. Это требует создания образца со сложным форматированием и многочисленными параметрами.

2. Сохранение документа в формате docx с последующим открытием его архиватором, где будет находиться файл вида «...\document.xml» – чистый xml, с которым можно работать через str\_replace.

3. Сохранение материалов в формате .rtf («формат обогащённого текста») и дальнейшая работа с ним.

4. Использование стороннего сервиса.

**Методы решения.** Документ MSWord, открытый в виде «...\document.xml», является сложным: содержит абзацы, отформатированные с использованием стилей. Необходимо в первую очередь описать составные части документов WordprocessingML, которые размещаются в пакетах. Они состоят из нескольких частей (в контексте пакетов их части обладают явным значением, в сущности части – это файлы, которые заархивированы в один ZIP-файл и таким образом составляют пакет). Если документ содержит абзацы, отформатированные с помощью стилей, то также будет присутствовать часть документа, которая содержит абзацы с примененными к ним стилями. Кроме того, будет присутствовать часть, в которой содержатся стили, используемые в документе. В абзацах, стиль которых отличен от стиля по умолчанию, элементы абзацев обладают дочерним элементом w:pPr, который в свою очередь также обладает дочерним элементом w:pStyle. У этого элемента имеется атрибут w:val, который содержит имя стиля. Если абзац имеет стиль по умолчанию, это означает, что у него отсутствует дочерний элемент w:pPr.

Пример документа XML со стилями:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<?mso-application progid="Word.Document"?>
.....
<w:body><w:p w:rsidR="00AF425E" w:rsidRPr="008B3059"
w:rsidRDefault="00A65D3E" w:rsidP="008B3059"><w:pPr><w:jc
w:val="center"/><w:rPr><w:sz w:val="48"/><w:szCs w:val="48"/><w:lang
w:val="en-US"/></w:rPr></w:pPr><w:bookmarkStart w:id="0"
w:name="_GoBack"/><w:bookmarkEnd w:id="0"/><w:r
w:rsidRPr="008B3059"><w:rPr><w:sz w:val="48"/><w:szCs
w:val="48"/><w:lang w:val="en-US"/></w:rPr><w:t>Indicator method of
e</w:t></w:r><w:r w:rsidR="00AF425E"
w:rsidRPr="008B3059"><w:rPr><w:sz w:val="48"/><w:szCs
w:val="48"/><w:lang w:val="en-US"/></w:rPr><w:t>stimation</w:t></w:r...
.....
```

Документ содержит бинарные вставки (формулы, таблицы), и в zip-архиве при простом переименовании, которое несложно сделать программно, файл docx предстает в ином, упорядоченном виде (рис. 1).

В файле формулы и таблицы уже содержатся в виде файлов с расширением .wml, а картинки – в стандартных для них расширениях (рис. 2).

_rels	
customXml	
docProps	
word	
[Content_Types].xml	2 039

Рис. 1. Содержание архива

image1.wmf	856
image2.wmf	1 312
image3.wmf	852
image4.wmf	852
image5.wmf	852
image6.wmf	956
image7.png	336 528

Рис. 2. Бинарные файлы

При работе с полным, неупорядоченным XML-файлом становится возможным определить, в каких местах присланного файла располагалась картинка, формула или таблица. В итоге на основе исходного документа и скопированного с него zip-архива с извлеченными необходимыми данными, а также постоянного образца стилей, из которого извлекаются необходимые значения нужных стилей для сравнения и замены, идет формирование нового документа docx. В него, в свою очередь, заносятся из базы остальные данные – заголовок, авторы, описание, ключевые слова и список литературы.

**Заключение.** На основе проведенных исследований возможно сделать следующие выводы:

1. Применение данной концепции позволит уйти от предъявления требований к предоставлению печатных материалов и автоматически свести к единой форме весь присылаемый контент.
2. Структура подбиралась таким образом, что может с легкостью быть адаптирована для нужд любых конференций и научных мероприятий путем простого изменения текстового и графического контента при сохранении структуры кода и целостности базы данных.
3. К недостаткам можно отнести необходимость заранее организовать удобную систему хранения большого количества текстовых файлов на сервере, а также своевременность удаления ненужных временных файлов после завершения работы с документом.

### Литература

1. Работа с WordprocessingML, C# и VB [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com>, свободный (дата обращения: 27.09.2015).
2. PHP+Word, <http://habrahabr.ru/> [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com>, свободный (дата обращения: 27.09.2015).
3. Скляр Д., Трахтенберг А. Рецепты программирования. 2-е изд. СПб.: Питер, 2015. 784 с.
4. Абрамов В.М. Агрегационная система управления новостными потоками в составе IT-структуры университета / В.М. Абрамов, Г.Г. Гогоберидзе, М.А. Мамаева и др. Проблемы Арктического региона: тезисы докл. XV Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов. Мурманск, 14 мая 2015 г. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2015. 155 с.

## РАЗРАБОТКА РОБОТА-ПОВАРА

О.А. Горячев, С.П. Шкарупо

Предложена конструкция робота-повара. Описаны методы взаимодействия робота с продуктами, методы нахождения объекта для работы, перспективы развития и совершенствования. Показана эффективность предложенной конструкции.

**Ключевые слова:** робот-повар, сервопривод, преобразование Хафа, детектор границ Кенни.

В современном мире в большинстве сфер деятельности людей заменяют роботы. Робот представляет собой аппарат, способный самостоятельно взаимодействовать с внешним миром и обладающий искусственным интеллектом или его зачатками

Робот обладает следующими преимуществами перед человеком, такими как высокая точность изготовления, высокая производительность, возможность безошибочного повторения одинаковых операций, высокая скорость и т.д. Роботы, так или иначе используются во всех сферах, в том числе в кулинарии.

**Цель работы** – разработка робота-повара, пригодного для использования в кафе и ресторанах быстрого питания.

Структурная схема изображена на рис. 1.

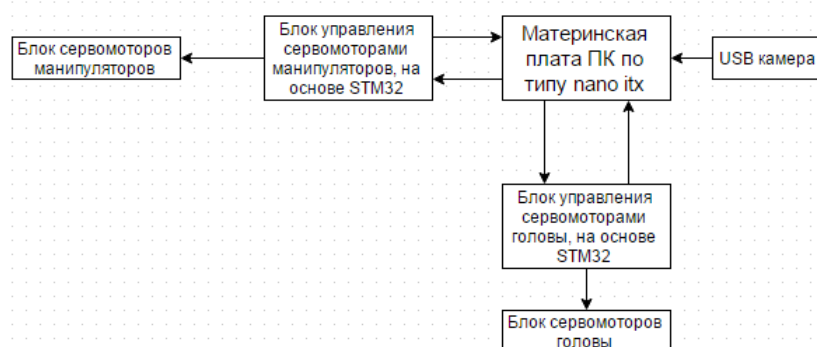


Рис. 1. Структурная схема робота

Основные вычисления происходят в материнской плате форм фактора nanoITX. Материнская плата получает картинку с USB-камеры и обрабатывает её, используя преобразование Хафа и детектор границ Кенни. Далее по обработанной картинке материнская плата высчитывает необходимые координаты и углы поворота сервомоторов, эти данные по USART поступают в блок управления сервомоторами манипуляторов, также материнская плата высылает, тоже по USART, команду на выполнение той или иной мимики в блок управления сервомоторами головы. Далее блок управления, головы или манипуляторов подаёт сигналы угла на сервомоторы. После поворота сервомотора на необходимый угол, блок управления передаёт по USART сигнал о выполненной команде.

Для работы необходимо обеспечить робота манипуляторами с 3 степенями свободы, рабочими инструментами, в данном случае нож/лопатка и клешня, а также произвести взаимодействие с продуктами. Три степени свободы – это необходимый минимум для нормальной работы робота, если сделать меньше, то

робот просто не сможет нормально взаимодействовать с продуктами, степени свободы обеспечиваются тремя осями вращения, на которых установлены сервомоторы. Две из трех степеней свободы обеспечиваются плечевым суставом, выполненным на сервоприводе.

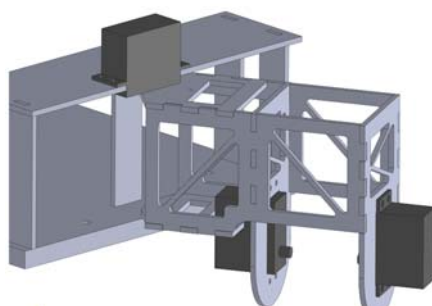


Рис. 2. Плечевой сустав



Рис. 3. Манипулятор-клешня

Также необходимо предоставить роботу рабочие инструменты, которые он будет использовать при работе. В данном случае используется клешня для зажатия или переноса продуктов, а также нож/лопатка, который используется для резки или перекладывания продуктов.

Самым важным и трудоёмким является нахождение объекта для работы, это подразумевает под собой систему технического зрения. Для решения этой задачи решено было использовать USB-камеру и обрабатывать данные, получаемые с этой камеры. Обработка будет происходить по методам преобразования Хафа и детектора границ Кенни.

Алгоритм работы робота-повара будет происходить примерно следующим образом: робот получает команду на выполнение заказа, по алгоритму определяет последовательность используемых продуктов, с помощью камеры находит необходимый продукт, производит с ним необходимые операции, всё при наблюдении камеры, далее укладывает обработанный продукт на тарелку. В зависимости от сложности блюда данный алгоритм может повторяться несколько раз.

**Заключение.** На основе проведенных исследований возможно сделать следующие выводы:

1. Предложенная конструкция робота способна быть задействована в сфере кулинарии.

2. С помощью небольших доработок возможно использование робота в других сферах.

3. Результаты по разработке могут в дальнейшем применяться при изготовлении роботов, манипуляторов и др.

### Литература

1. Зенкевич С.В. Основы управления манипуляционными роботами: учеб. пособие / С.В. Зенкевич, А.Ю. Ющенко. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 480 с.
2. Юрьевич Е.И. Основы робототехники. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 203 с.
3. Гридин В.Н. Адаптивные системы технического зрения / В.Н. Гридин, В.С. Титов. М.: Наука, 2009. 480 с.
4. Сервоприводы особенности управления [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zelectro.cc/servoAndArduino>, свободный (дата обращения: 24.09.2015).

# ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ОДНОРОДНОЙ СЕТИ С УЧЁТОМ СРЕДНЕЙ ДЛИНЫ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ

*А.С. Крупский*

Приведено обобщение модели однородной сети для двух наборов экспериментально полученных данных с тем, чтобы учесть различие в длине проводных каналов передачи. Приведена модель однородной сети, позволяющая получить значения QoS для промежуточных значений длины линий связи однородной сети.

**Ключевые слова:** компьютерная сеть, длина каналов передачи, модель.

В настоящий момент при проектировании и прокладке компьютерных сетей исходят из номинально заявленных характеристик используемого оборудования, оставляя некоторый резерв на неизбежную деградацию в силу неидеальности условий его функционирования. Такой подход затрудняет оценку максимальной пропускной способности сети и оценку её функционирования в этом режиме. В данном случае целесообразно перейти от качественной оценки сети к количественной. В работе [1] установлены способы оценки количественных параметров пропускной способности отдельных связей и масштабирования этих параметров на однородные сети в ходе серии экспериментов.

**Постановка задачи.** Задача оценки количественных характеристик сети решается для гомогенной сети, представленной моделью на рис. 1.

Данная модель полагает, что компьютерная сеть может быть представлена в виде двумерного набора узлов, связи которых обладают пространственной однородностью. На рис. 1 – один из частных случаев. В общем случае возможно смоделировать полносвязную сеть, включая любое её подмножество. Данное свойство достигается путём домножения исходной матрицы характеристик узлов на матрицу компонентов связанности. Модель может включать в себя различные наборы матриц, характеризующие параметры узлов и параметры связей. Основной сложностью является соотнести входные параметры с выходными. Как было показано в [1], объем переданных данных связи в составе сети кластера может быть описан линейной функцией. Узлы кластера в данном случае симметричны относительно маршрутизатора и представляются моделью с рис. 1 при дополнении её до полносвязной. Таким образом, из рассмотрения исключается маршрутизатор при помощи замены на эквивалентные связи и задача сводится к определению характеристик отдельной связи. Характеристики отдельной связи для сети кластера были установлены в [1]. С целью проверки и масштабирования модели требуется провести эксперимент на сети с другими параметрами. В данном случае сеть класса с большей длиной связей.

**Модифицированная модель однородной сети.** Как было показано в [1] и [2], передача данных в связи модели рис. 1 может быть описана соотношением (1):

$$f(t, z, K) = f_1(z, K) + f_2(z)t, \quad (1)$$

где  $K$  – количество потоков;  $t$  – время;  $z$  – объём передаваемой порции данных;  $f_1$  – функция, описывающая начальное смещение графика;  $f_2$  – функция, описывающая скорость передачи данных.

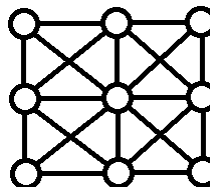


Рис. 1. Модель однородной сети



Определение  $f_1$  и  $f_2$  для сети вычислительного кластера было продемонстрировано в [1]. Однако в данном случае длина связей сети пренебрежимо мала. Для описания же работы сети компьютерного класса требуется учитывать и среднюю длину связей сети (2):

$$f'(t, z, K, L) = (f_1(z, K, L) + f_2(z, K)t)(1 - L/L') - (f'_1(z, K, L') + f'_2(z, K, L')t)L/L', \quad (2)$$

где  $L$  – средняя длина связи в сети кластера;  $L'$  – средняя длина связи в сети компьютерного класса;  $K$  – количество потоков;  $t$  – время;  $z$  – объём передаваемой порции данных;  $f_1$  – функция, описывающая начальное смещение графика для кластера;  $f_2$  – функция, описывающая скорость передачи данных для кластера;  $f'_1$  – функция, описывающая начальное смещение графика для компьютерного класса;  $f'_2$  – функция, описывающая скорость передачи данных для компьютерного класса.

**Результаты эксперимента.** Для кластера были экспериментально определены  $f_1$  и  $f_2$  в работе [1]. Взаимное их влияние рассмотрено в [2]. В ходе эксперимента подобные характеристики были сняты для компьютерного класса (рис. 2, 3).

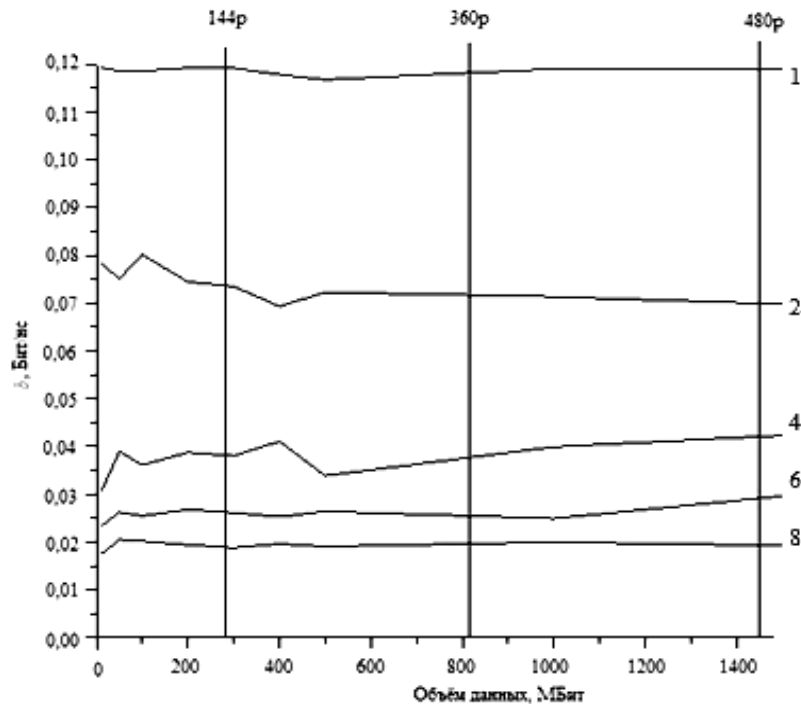


Рис. 2. Зависимость скорости передачи данных потоком в сети компьютерного класса от количества потоков и размера порции данных

1. Передача данных в компьютерном классе осуществляется с более низкой, в среднем, скоростью на оборудовании с аналогичными заявленными характеристиками.

2. Присутствует также переходной процесс для графиков скорости передачи по объёму порции передаваемых данных. Порядок следования размеров амплитуд по количеству потоков соответствует таковому для эксперимента на кластере.

3. Дисперсия коэффициента в компьютерном классе меньше, нежели при передаче между узлами кластера.

4. Величина, к которой асимптотически сходится скорость передачи для компьютерного класса, максимальна для четырёх потоков.

Таким образом, на основе полученных значений можно сделать вывод, что поведение сети при увеличении длины связей остаётся тем же при некоторой деградации пропускной способности.

**Заключение.** В результате эксперимента получены значения для применения в (2), позволяющие наряду с данными из [1] аппроксимировать поведение сети при количестве потоков от одного до восьми, при различных размерах порции данных при различной средней длине связей. Данная методика позволяет количественно оценивать поведение сети под нагрузкой на всём представленном диапазоне параметров  $z$ ,  $K$ ,  $L$ .

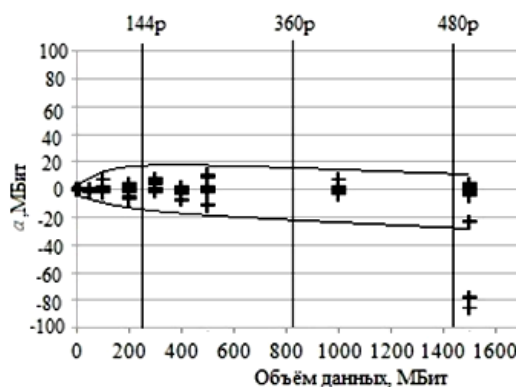


Рис. 3. Зависимость смещения графика модели от размера порции данных

### Литература

1. Крупский А.С., Катаев М.Ю. Оценка пропускной способности на основе модели однородной сети // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2015. № 2 (36).
2. Крупский А.С., Катаев М.Ю. Взаимное влияние потоков данных в однородной восьмисвязной компьютерной сети // Технические науки: Теоретический и практический взгляд: междунар науч-практ конф. Научный центр «Аэтерна». Уфа, Республика Башкортостан, 2014. С. 56–59.

УДК 65.011.54

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА

*Н.В. Замятин, В.И. Маковкин*

Объект исследования – резервуарные парки на производственных предприятиях: нефтеобрабатывающие предприятия, домостроительные комбинаты и т.д. Целью работы является автоматизация процесса сбора информации с устройств мониторинга уровней резервуарного парка, обработка данных, вычисление уровня веществ, отображение пользователю данных и характеристик в графическом виде. Реализован макет аппаратно-программного комплекса автоматизированного сбора и обработки данных на сервере и кросс-платформенное пользовательское приложение работы с данными и внесения необходимых изменений.

**Ключевые слова:** автоматизированная информационная система, система мониторинга, резервуарный парк, базы данных, программа, сервер, АСУ ТП.

**Актуальность.** Активное развитие и увеличение в масштабе промышленных предприятий не может обойтись без автоматизации трудоемких и монотонных

процессов. Показатели производительности и окупаемости таких предприятий также должны быть очень высокими. Поэтому резервуарные парки хранения сырья должны эксплуатироваться максимально эффективно при минимальных затратах, сохраняя при этом высокий уровень безопасности производства.

Основными задачами в этой области являются мониторинг, сбор и отображение информации о количестве имеющихся веществ, динамики их использования, отслеживания истории их изменения. Помимо этого, необходим расчет объемов различного типа сырья, используемого в производящихся смесях, и отображения их процентного соотношения, проведения необходимых расчетов с анализом ситуаций в реальном времени с минимальным участием посторонних факторов. Измерение уровня сырья требуется в большинстве производственных процессов; в системах экологического мониторинга и безопасности; для учета массы, расхода жидких продуктов при их хранении и транспортировке. Актуальность измерения уровня жидкостей возрастает по мере повышения степени автоматизации производственных процессов, систем контроля и учета. Разрабатываемая АИС предназначена для выполнения подобных задач самым оптимальным способом.

**Постановка цели.** Предлагаемое решение можно разделить на условные этапы:

- разработка и реализация структуры работы устройств сбора и обработки данных с резервуарных парков;
- разработка и реализация программной части системы сбора, обработки и отображения информации;
- разработка и реализация пользовательского приложения для работы с данными;
- обеспечение возможности дальнейшей модернизации системы.

**Аппаратная часть системы.** Существует широкая номенклатура средств контроля и измерения уровня, использующих различные физические методы. Эти методы и средства позволяют контролировать уровень различных сред: жидких (чистых, загрязненных), пульп, нефтепродуктов, сыпучих твердых различной дисперсности.

При выборе основного устройства для измерения уровня учитываются физические и химические свойства измеряемых веществ, таких как цемент, различные сыпучие вещества и смеси, нефтепродукты.

Устройства для измерения уровня можно разделить на условные подкатегории:

- 1) визуальные;
- 2) поплавковые – используется поплавок или другое тело, находящееся на поверхности жидкости;
- 3) буйковые – для измерения используется массивное тело (бук), частично погружаемое в жидкость;
- 4) гидростатические, основанные на измерении;
- 5) и т.д.

Наиболее эффективными для измерений в данных средах оказались уровнемеры, использующие оптические технологии. Подобные устройства состоят из импульсного лазера и детектора излучения. Измеряя время, которое затрачивает луч на путь до отражателя и обратно, и зная значение скорости света, можно рассчитать расстояние между лазером и отражающим объектом. Способность электромагнитного излучения распространяться с постоянной скоростью дает возможность определять дальность по уровню до объекта. Такие датчики позволяют

измерять уровень веществ даже в жестких промышленных условиях при наличии пыли и пара.

Крупные предприятия обычно имеют множество резервуаров и отдельно под них выделяют большие площади. Чтобы оптимизировать затраты и облегчить установку и работу системы, используются GSM/GPRS модемы ОВЕН ПМ01 для передачи данных. Таким образом, информация с уровнемеров будет передаваться по беспроводной сети со скоростью 42800 бит/с к модулю сбора данных (МСД), ОВЕН МСД200. Модуль сбора данных ОВЕН МСД200 применяется для опроса/прослушивания приборов, модулей ввода, контроллеров, имеющих возможность передавать данные в сеть RS-485. Обмен данных между МСД и рабочей станцией будет осуществляться по интерфейсу RS-485 с использованием протокола ModBus RTU.

**Программная часть системы.** Для удаленной работы выделена серверная часть. Программная часть разделена на модули для увеличения гибкости разработки системы. Структура системы представлена на рис. 1.

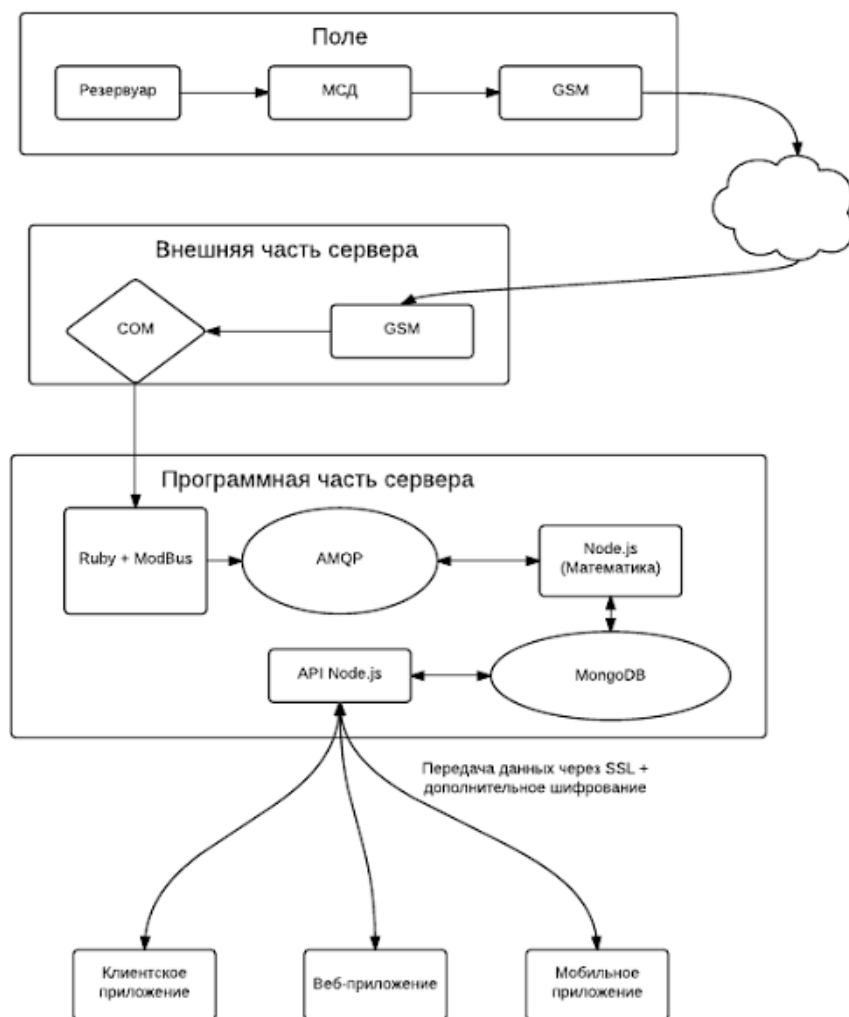


Рис. 1. Структура системы АИС

Пользовательский интерфейс отделен от основной логики работы приложения. Важной составляющей является API модуль для взаимодействия с клиентским приложением, таким образом, можно вынести вычисления и мониторинг работы устройств на отдельный сервер, разгрузив машину пользователя и позволить синхронизировать данные между большим количеством пользователей. Вычислительные и считывающие части системы отделены друг от друга, таким образом, становится неважно, каким способом получают данные (модуль сбора данных выполняется отдельно, а данные добавляются в очередь для записи в БД).

В логике работы приложения проведено четкое разделение между пользователем и администратором, распределены их права и возможности.

Пользовательский интерфейс приложения написан с помощью NodeWebKit – платформы для создания обособленных пользовательских приложений, разрабатываемых с использованием web-технологий и способных напрямую вызывать модули Node.js и использовать Node.js API. В качестве основы используются разработки проекта Chromium, которые позволяют использовать его в качестве каркаса для формирования нативных сборок программ, созданных с использованием современных web-технологий (HTML5, CSS3, JavaScript и WebGL) и способных поставляться в форме самодостаточного исполняемого приложения, не привязанного к браузеру. Сборки подобных программ могут быть сформированы для Linux, OS X и Windows [4].

Для разработки бизнес-логики клиентского приложения используется AngularJS – JavaScript-фреймворк с открытым исходным кодом. Его цель – расширение браузерных приложений на основе MVC шаблона, а также упрощение тестирования и разработки. Фреймворк адаптирует и расширяет традиционный HTML, чтобы обеспечить двустороннюю привязку данных для динамического контента, что позволяет автоматически синхронизировать модель и представление. В результате AngularJS уменьшает роль DOM-манипуляций и улучшает тестируемость [5].

Интерфейс выполнен в предлагаемом Google дизайне приложений Material Design, который получил повсеместное распространение в области UI-дизайна и множество положительных отзывов [6].

**Заключение.** Результатом выполненной работы являются:

1. Реализован макет информационной системы мониторинга резервуарного парка. Для этого разработаны возможные схемы устройств, реализующих систему автоматизированной передачи данных с измерителей уровней резервуаров на рабочую станцию. Разработаны серверная часть приложения, база данных, основная часть работы с данными, API для взаимодействия с пользовательским приложением и кроссплатформенное графическое пользовательское приложение для работы с получаемыми данными.

В дальнейшем предполагается дальнейшее развитие системы, разработка дополнительных модулей с использованием:

1. Нейросетевой модели поверхности, образуемой веществом в резервуаре (для точного измерения имеющихся объемов веществ, в зависимости от их реологических свойств, рис. 2).
2. Модели прохождения лазерного луча через запыленную среду (увеличение точности уровнемеров программными средствами).
3. Нечеткого ситуационного моделирования событий на резервуарных парках (прогнозирование возможных ситуаций на используемых резервуарах и своевременное предупреждение пользователя).

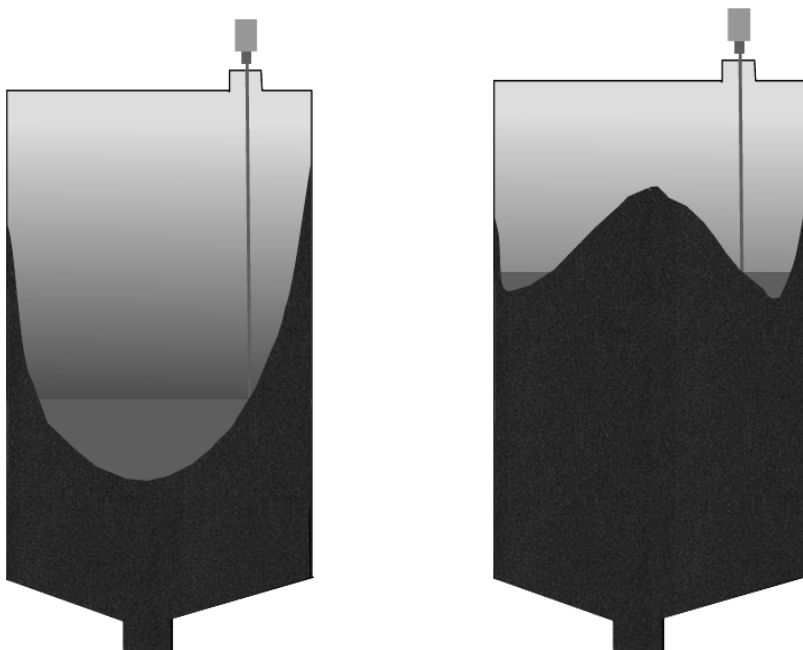


Рис. 2. Форма поверхности при наполнении или откачке вещества в резервуаре

#### Литература

1. ОВЕН // Модуль сбора данных ОВЕН МСД200 [Электронный ресурс]. 2009. <http://www.owen.ru/catalog/31257702> (дата обращения: 1.03.2014).
2. ОВЕН // GSM/GPRS модем ОВЕН ПМ01 [Электронный ресурс]. 2009. <http://www.owen.ru/catalog/19726803> (дата обращения: 1.03.2014).
3. Ruby [Электронный ресурс]. 2006. <https://www.ruby-lang.org/ru/> (дата обращения: 1.03.2014).
4. Github // NW.js [Электронный ресурс]. 2015 <https://github.com/nwjs/nw.js/tree/master> (дата обращения: 26.02. 2015).
5. Wikipedia // AngularJS [Электронный ресурс]. 2015 <https://ru.wikipedia.org/wiki/AngularJS> (дата обращения: 26.02. 2015).
6. Google // Material Design [Электронный ресурс]. 2014 <http://www.google.com/design/> (дата обращения: 26.02. 2015).

УДК 338.467.6

#### **ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СФЕРЫ УСЛУГ**

*А.В. Маслова, Ю.А. Стрельцов*

Предложен проект по внедрению системы электронного документооборота в бухгалтерию предприятия сферы услуг. В структуре проекта представлен весь процесс проектирования.

**Ключевые слова:** система электронного документооборота, предприятие сферы услуг, бухгалтерия.

Целью данной работы является решение квалификационной задачи, заключающейся в разработке и обосновании мероприятий по повышению эффективности деятельности предприятия сферы услуг.

Необходимо снизить себестоимость предоставляемых услуг для снижения затрат организации, тем самым выявить направления на увеличение прибыли организации. Решающим условием снижения себестоимости служит непрерывный технический прогресс. Внедрение новой техники, комплексная механизация и автоматизация информационных процессов позволяют значительно снизить себестоимость продукции.

Внедрение автоматизированной системы информации, а именно СЭД, позволит сократить штат бухгалтерии. При этом сократятся затраты на заработную плату работникам, что позволяет предприятию сэкономить в год достаточно большую сумму денег, а также сократить риски человеческой ошибки, поскольку людям свойственно ошибаться, особенно при таком большом потоке информации, и рационально распределить приоритеты выполнения работ достаточно проблематично.

В процессе проектирования информационного обеспечения управления необходимо отразить структуру проекта. В ней должен быть представлен весь процесс проектирования информационного обеспечения. Он должен содержать необходимую информацию: этапы проекта и содержание этапов; метод, используемый на конкретном этапе; проектную документацию и обоснование экономической целесообразности.

*1-й этап.* Внедрение программ автоматизации.

Выбирая программы для автоматизации, сотрудники организации не могут оценить возможности автоматизированной системы в целом.

Как правило, выбирая систему автоматизации работы с документами, рассматривают один из двух вариантов:

- автоматизация производства;
- автоматизация оборота.

Системы электронного документооборота (СДО), прежде всего, ориентированы на работу с электронными документами, их движение по организации или между организациями.

В таких системах большое внимание уделено всем жизненным фазам электронного документа, начиная от его подготовки первой версии и первоначального помещения в хранилище документов и его переноса в архив. При этом акцент делается на коллективной подготовке документа.

Для предприятий сферы услуг необходимо применять именно корпоративные информационные системы управления документами, поскольку такая архитектура обеспечивает универсальную, повсеместно доступную среду для работы и хранения всех типов документов в масштабе всей организации. Корпоративные системы ЭУД позволяют пользователю применять все функциональные подсистемы непосредственно из бизнес-приложения, в котором как раз и работает пользователь. Это могут быть приложения по работе с текстами, графиками, таблицами, возможны также различные финансовые системы.

*2-й этап.* Проектирование инструкции по эксплуатации.

Цель данного этапа – регламентация организации обеспечения управления.

Инструкция устанавливает единые правила документирования деятельности, организации документооборота, ведения учета, регистрации, контроля исполнения и хранения документов. Инструкция – это нормативный документ организа-

ции, который утверждается руководителем этой организации и является обязательным для всех работников.

Инструкция разрабатывается на основе законодательных и нормативных актов по организации работы с документами.

*3-й этап.* Проектирование номенклатуры дел организации.

Цель данного этапа – оптимальная группировка дел организации и определение сроков их хранения.

Утвержденный экземпляр номенклатуры дел является документом постоянного хранения и включается в раздел номенклатуры экономического отдела.

Номенклатура дел составлена на основе изучения состава и содержания документов, образующихся в деятельности организации. При ее составлении изучаются учредительные документы организации, номенклатура дел бухгалтерии, описи дел постоянного и временного хранения.

*4-й этап.* Проект ввода новой штатной единицы.

Цель данного этапа – обеспечить эффективность выполнения функций и работ службы.

Для нового работника необходимо разработать должностную инструкцию – документ, определяющий организационно-правовое положение работника, а также обязанности, права и ответственность.

Этап внедрения проекта включает в себя стадии материально-технического обеспечения проекта, профессиональной подготовки управленческих работников, социально-психологической подготовки работников организации, расчета фактического экономического эффекта от внедрения проекта.

Главная цель данного проекта: оптимизация предприятия – для получения прибыли, повышения экономической устойчивости, ликвидности, платежеспособности предприятия.

Миссия фирмы – это философия фирмы, заключающаяся в использовании способов и методов, для обеспечения реализации главной цели: новейшие технологии, высокая дисциплина и многое другое.

Можно сделать вывод, что процесс выбора решений отражает существование большого количества вариантов формирования организации, но необходимо избрать только один, более действенный. Для этого на базе расчетов оцениваются: ожидаемая прибыль, конкурентоспособность услуг, их воздействие на общество и окружающую среду.

#### **Литература**

1. Экономика предприятия: учеб. / под ред. Л.А. Сафронова. М.: Юристъ, 2011.

УДК 621.805.08

#### **ПРЯМАЯ ЗАДАЧА ДИНАМИКИ В СИСТЕМЕ РАУМС**

*А.Н. Горитов, М.Ф. Молокова*

Рассмотрена модификация системы моделирования РАУМС, позволяющая выполнять расчёты динамических характеристик исследуемых объектов. Модификация системы включает модификацию модели компонентов и внедрение в систему блока по расчёту динамических характеристик робота-



манипулятора. Реализованный алгоритм основан на методе Лагранжа–Эйлера и позволяет решать прямую задачу динамики.

**Ключевые слова:** метод Лагранжа–Эйлера, прямая задача динамики, система РАУМС.

В настоящее время робототехника обладает большой сферой применения. С помощью роботов создаются новые технические системы. Однако создание самого робота, его проектирование и моделирование – довольно долгий и трудоёмкий процесс. Поэтому для повышения эффективности разработаны специальные программы, позволяющие создавать модель робота. Одной из таких сред является система автоматизированного моделирования управляемых механических систем РАУМС.

Система РАУМС позволяет моделировать робот и внешнюю среду. Она решает многие задачи, такие как контроль на отсутствие столкновений, движения при заданных пространственных ограничениях, проверка на выполнение условий собираемости и поиска оптимальных компоновочных решений [1]. Однако при проектировании также важно знать динамические характеристики исследуемого объекта.

**Цель работы.** Цель работы заключается в создании блока для расчёта динамических характеристик робота-манипулятора и его внедрение с тем, чтобы расширить набор решаемых задач в систему моделирования РАУМС. Для достижения поставленной цели необходимо: изучить структуру системы РАУМС, разработать блок по расчёту динамических характеристик и интегрировать разработанный блок в систему РАУМС.

**Прямая задача динамики.** Для расчёта динамических характеристик воспользуемся методом Лагранжа–Эйлера. Для вычисления сил строится уравнение (1), оно описывает динамику движения робота:

$$\frac{d}{dt} \left[ \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right] - \frac{\partial L}{\partial q_i} = \tau_i. \quad (1)$$

В уравнении (1)  $L$  – функция Лагранжа,  $L = K - P$ ,  $K$  – полная кинетическая энергия манипулятора,  $P$  – полная потенциальная энергия манипулятора;  $g_i$  – обобщённые координаты манипулятора;  $\dot{g}_i$  – первая производная по времени обобщённых координат;  $\tau_i$  – обобщённые силы или моменты, создаваемые в  $i$  сочленении для реализации заданного движения  $i$ -го звена.

Уравнение (2) описывает динамику движения робота в векторном виде:

$$\tau_i = \sum_{k=1}^n D_{i,k} \ddot{q}(t)_k + \sum_{k=1}^n \sum_{m=1}^n h_{i,k,m} \dot{q}(t)_k \dot{q}(t)_m - c_i, \quad (2)$$

где  $\tau_i$  – обобщённые силы в  $i$ -м сочленении для реализации движения  $i$ -го звена;  $D_{i,k}$  – определяется формулой (3), устанавливает связь действующих в сочленениях сил и моменты с ускорениями присоединённых переменных;  $h_{i,k,m}$  – определяется равенствами (5) и (6), устанавливает связь действующих в сочленениях сил и моментов со скоростями изменения присоединённых переменных;  $c_i$  – определяется равенством (4), учитывает силу тяжести, действующую на каждое из звеньев манипулятора;  $\ddot{q}(t)_k$  – обобщённое ускорение;  $\dot{q}(t)_m$  – обобщённая скорость;  $n$  – количество звеньев робота-манипулятора.

Коэффициенты  $D_{ik}$  определяются равенством

$$D_{ik} = \sum_{j=\max(i,k)}^n \text{Tr}(U_{jk} J_j U_{ji}^T), \quad i, k=1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Коэффициенты  $h_{ikj}$  определяются равенством

$$c_i = \sum_{j=i}^n (-m_j g U_{ji}^j \bar{r}_j), \quad i=1, \dots, n, \quad (4)$$

$$h_{ikj} = \sum_{j=\max(i,k,m)}^n \text{Tr}(U_{jkm} J_j U_{ji}^T), \quad i, k, m=1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

$$h_i = \sum_{k=1}^n \sum_{m=1}^n h_{ikm} \dot{q}_k(t) \dot{q}_m(t), \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

где  $U_{ji}^j$  – матрица, описывающая изменения положения  $i$ -го звена, вызванное движением в  $j$ -м сочленении манипулятора;  $J_j$  – матрица моментов инерции  $j$ -го звена;  $\text{Tr}$  – след полученной матрицы.

Коэффициенты  $c_i$ , определяются равенством (4), где  $m_j$  – масса  $j$ -го звена;  $U_{ji}^j$  – матрица описывающая изменения положения  $i$ -го звена, вызванное движением в  $j$ -м сочленении манипулятора;  $\bar{r}_j$  – вектор центра масс  $i$ -го звена в собственной системе отсчёта, учитывают силу тяжести  $g$ , действующую на каждое из звеньев манипулятора [2].

**Метод интегрирования блока динамики в систему РАУМС.** Алгоритм для интегрирования блока динамики изображён на рис. 1.

Вся программа РАУМС состоит из модулей, связанных между собой. Поэтому для вычисления необходимых параметров можно обратиться к уже разработанным модулям программы.

На основе исходных данных об объекте вычисляются матрицы инерции и начальные параметры, такие как масса, углы поворота и смещение центра масс каждого звена. Затем в модуле для работы со временем берём временной промежуток, на котором будем рассматривать динамику робота-манипулятора.

Полученные данные отправляем в разрабатываемый модуль динамики и по ним находим силы и моменты для каждого звена в определённый момент времени.

**Заключение.** Таким образом, система РАУМС была дополнена блоком по расчёту

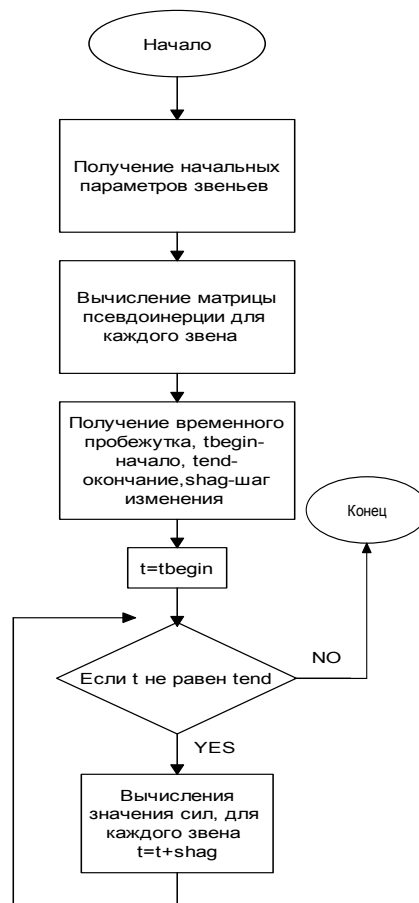


Рис. 1. Алгоритм нахождения сил и моментов

динамических характеристик на основе метода Лагранжа–Эйлера. Также дополнены модули компонентов, режимом, обеспечивающим формирование необходимых данных для блока по расчёту динамических характеристик. Дополненная программа прошла тестирование.

#### Литература

1. Моделирование манипуляционных робототехнических систем в условиях неполной информации о внешней среде / А.Н. Горитов. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2005. 276 с.
2. Робототехника / К. Фу, Р. Гонсалис, К. Ли / под ред. В.И. Градетского; пер. с англ. А.А. Сорокина, А.В. Градетского, М.Ю. Рачкова. М.: Мир, 1989. 624 с.

УДК 300.35

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ МИКРОРАЗМЕТКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НЕСТРУКТУРИРОВАННОГО КОНТЕНТА

*А.Т. Печерица, С.М. Петрушин, Е.П. Жуков, М.В. Владимиров,  
А.И. Назарова, Д.И. Рубанов, В.М. Бритвич*

Предложено использовать семантическую разметку при публикациях постов пользователями. Рассмотрены преимущества использования микроразметки. Приведены примеры её использования.

**Ключевые слова:** семантическая разметка, контент.

**Задача использования семантической микроразметки.** В настоящее время имеется огромное количество информационных порталов и блогов, где пользователи самостоятельно генерируют контент. В результате анализа наиболее популярных блогов было выявлено, что информацию в них принято структурировать с использованием тегов, хэштегов, тематических категорий. На самом деле использование такого рода структуризации не всегда удобно, поскольку при таких обстоятельствах сам контент не несет информации, необходимой поисковым системам. Следовательно, и пользователям найти информацию, если она не помечена тэгами, становится сложнее. Наилучшим решением в структуризации информации становится использование формата микроразметки [1].

Удобство использования микроразметки было выявлено в рамках группового проектного обучения, где при создании информационного портала встала задача структуризации информации. Под микроразметкой (или семантической разметкой) подразумевается разметка страницы с дополнительными атрибутами, которые указывают поисковым роботам на непосредственное содержание страницы. Цель семантической разметки – сделать Интернет более понятным и структурированным, облегчить поисковым системам и специальным программам извлечение и обработку информации для удобного её представления в результатах поиска. Важно отметить, что разметка встраивается в HTML-коде страниц и не требует создания отдельных экспортных файлов [1, 2].

**Постановка задачи.** Позволить пользователям максимально удобно создавать посты, не задумываясь о категоризации публикуемого контента. Для структуризации информации использовать микроформаты, таким образом обеспечивая связь с различными заведениями, мероприятиями и т.п. Отличным решением данной задачи является использование словарей микроданных, в частности [schema.org](http://schema.org).

**Преимущества использования schema.org.** Schema.org предоставляет общедоступный словарь, с помощью которого вебмастера могут размечать страницы так, чтобы они были понятны самым распространенным поисковым системам: Google, Yahoo, Bing и Яндекс, которые в свою очередь принимают участие в разработке этого словаря [3]. Таким образом, основным преимуществом Schema.org, становится ее взаимодействие с поисковыми системами, посредством которого они корректно воспринимают всю добавленную пользователем информацию.

**Прототип редактора постов.** Результатом изучения всех возможностей использования семантической микроразметки и словаря schema.org стал прототип редактора постов, который в дальнейшем будет использован на информационном портале. Разработанный прототип редактора постов отличается от большинства своих аналогов наличием встроенной микроразметки, сопровождающей любой новый пост (рис. 1). Удобство данного прототипа заключается в отсутствии лишних требований к пользователю. Преимущество – максимальная структуризация контента.

Рис. 1. Внешний вид генератора постов

В результате использования данного редактора постов от пользователя требуется минимальное количество действий: выбрать категорию желаемого поста и заполнить несколько полей, относящихся к данной категории. Стоит отметить, что жестких ограничений к заполнению определенных полей не предъявляется, а вся необходимая микроразметка добавляется при этом системой автоматически. Итогом работы становится читабельный и аккуратно оформленный контент для пользователя и понятная информация для поисковых систем. Наглядно ознакомиться с примером неразмеченного контента (без использования оформления) можно ниже (рис. 2).

**Танцевальный флешмоб в День томича**  
 9 сентября в 2 часа дня концертную программу Дня томича на Новособорной площади открыл массовый танцевальный флешмоб под песню «Томск – это все мы!», где участвовали студенты и школьники, к которым и присоединились и все желающие.

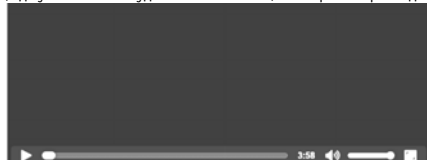


Рис. 2. Пример неразмеченного контента

На рис. 2 достаточно хорошо видно наличие заголовка, текста и видео, однако для поисковых систем этот текст не несет никакой информации, так как в процессе создания поста не были добавлены какие-либо теги или тематические категории. Контент с наличием разметки значительно отличается от неразмеченного (рис. 3).

**Танцевальный флешмоб в День томича**  
 9 сентября в 2 часа дня  
 концертную программу Дня томича  
 на Новособорной площади открыл массовый танцевальный флешмоб  
 под песню «Томск – это все мы!», где участвовали студенты и школьники, к которым и присоединились и все желающие.  
 Starts: 09/25/2015 2:00 PM  
 Площадь  
 Новособорная

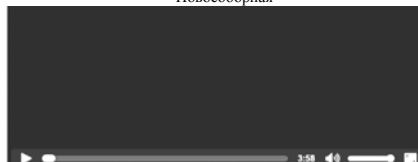


Рис. 3. Пример размеченного контента

Размеченный контент, хотя и имеет тот же заголовок и описание, все же отличается наличием заранее заготовленных полей, таких как время начала, продолжительность и место, которые вынесены отдельно для наиболее комфортного восприятия информации. Неизменным осталось прикрепленное к посту видео. Вместе со структуризацией информации, контент стал понятен поисковым системам, которые умеют различать время начала мероприятия, его продолжительность и место проведения, а также само название определенного события. Естественно, такую информацию найти будет гораздо проще, используя специальные фильтры (например, события, которые произошли 9 сентября днем).

**Заключение.** В результате изучения понятия семантической микроразметки и рассмотрения примеров её использования, в рамках группового-проектного обучения было принято решение о дальнейшем ее внедрении в процесс разработки информационного портала. Семантическая микроразметка станет незаменимым механизмом в процессе формирования структурированного контента.

### Литература

1. Яндекс.Вебмастер. Введение в schema.org [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://yandex.ru/support/webmaster/schema-org/intro-schema-org.xml>, свободный (дата обращения: 25.09.2015).
2. Хабрхабр [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/yandex/blog/221881/>, свободный (дата обращения: 25.09.2015).
3. Schema.org. Get Started [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://schema.org/docs/gs.html>, свободный (дата обращения: 25.09.2015).

УДК 004.59

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМАНДЫ РОБОТОВ-ФУТБОЛИСТОВ ЛИГИ HUMANOID KIDSIZE ЧЕМПИОНАТА ROBOCUP

*С.И. Гомилко, Д.В. Жулаева, Д.И. Ример, Е.С. Шандаров, Д.О. Якушин*

Разработано программное обеспечение для команды антропоморфных роботов-футболистов для игры в футбол лиги «Humanoid KidSize» чемпионата

RoboCup. Разработка проводилась на платформе компании Robotis DARWiN-OP. Разработаны модули управления движением робота, технического зрения, коммуникации и основной управляющий модуль. Проведены «полевые» испытания.

**Ключевые слова:** робототехника, платформа DARWiN-OP, программирование роботов, антропоморфные роботы.

Чемпионат RoboCup – некоммерческий, научный и культурный проект по продвижению искусственного интеллекта, робототехники и других связанных областей науки и техники посредством организации и проведения робототехнических соревнований [1]. Первые соревнования RoboCup прошли в 1997 г. и собрали 39 университетских команд из 11 стран мира. Сегодня в мероприятиях инициативы участвует более 400 команд университетов и средних образовательных учреждений из более чем 40 стран. Одной из самых популярных дисциплин в RoboCup является футбол роботов [2].

В лаборатории робототехники и искусственного интеллекта ТУСУР работы по различным видам футбола роботов ведутся с 2008 г. Для участия в соревнованиях RoboCup–2015 была поставлена задача разработки программного обеспечения для команды антропоморфных роботов-футболистов для лиги Humanoid KidSize Soccer.

**Робототехническая платформа.** В качестве антропоморфной платформы для команды роботов-футболистов была выбрана модель Robotis DARWin-OP. DARWin-OP представляет собой гуманоидного робота высотой 45,5 см с 20 степенями свободы. Бортовой компьютер на базе процессора Intel Atom Z530 работает под управлением Ubuntu Linux 9.10. Приводы в конечностях – Dynamixel MX-28.

**Проект системы.** Были сформулированы основные технические требования к системе, которые включали в себя: поддержку коммуникаций, описание функциональности основных модулей: технического зрения, управления движением, асинхронного управления. Основным языком программирования C++, вспомогательные скрипты написаны на языке bash. Разработка велась по двум направлениям: робот-нападающий и робот-вратарь. В дальнейшем будут в основном рассматриваться особенности ПО для робота-нападающего.

**Модуль управления движением робота.** Модуль обеспечивает выполнение действий, связанных с перемещением робота на поле и выполнением заранее запрограммированных движений.

Заранее запрограммированные движения (actions) необходимы для выполнения рутинных операций робота-футболиста: удар по мячу: левой ногой, правой ногой; подъем из положения «лежа»: лежа на спине, лежа на животе; защита ворот: выпад одной ноги в сторону, приседание, падение в сторону мяча, шпагат. Набор движений создавался в среде поставляемого с роботом ПО RoboPlus.

Базовые функции обеспечения всенаправленного устойчивого движения робота по горизонтальной поверхности входят в поставляемую с ним библиотеку классов. Модель движения позволяет устанавливать большое число параметров, это делает возможным изменять характер походки. Модель обеспечивает приемлемые устойчивость и скорость ходьбы, поэтому было принято решение использовать ее в качестве базовой, а разрабатывать только процедуры и функции верхнего уровня управления движением («движение вперед», «поворот на месте», «движение в точку», «движение за целью» и др.).

Правила лиги RoboCup Humanoid Soccer редакции 2015 г. ввели новый тип покрытия для поля: искусственная трава, высота ворса около 3 см. Для обеспечения устойчивого движения по траве был изменен характер походки робота: увеличена высота подъема ноги, изменен наклон тела при ходьбе, увеличена ширина постановки ног, сокращен период времени полной фазы шага и др. Это позволило обеспечить устойчивое движение по покрытию «искусственная трава» при снижении скорости.

**Модуль технического зрения робота.** До 2015 г. в правилах RoboCup лиги Humanoid KidSize Soccer использовался оранжевый мяч. В этом случае для реализации задачи нахождения мяча можно использовать метод поиска контрастного объекта: выделяются пиксели, подходящие под цвет объекта, и находится центр масс. Алгоритм устойчив, обеспечивает высокую скорость работы. По регламенту лиги 2015 г. в соревнованиях используется мяч FIFA Size 1. Окраска мяча на 50% белая. В этом случае использование алгоритма поиска по центру масс не даст гарантированного результата. Для создания нового алгоритма поиска мяча использовалась библиотека распознавания и обработки изображений OpenCV. Изображение, полученное с камеры робота (рис. 1), конвертируется в цветовое пространство HSV.



Рис. 1. Исходное изображение

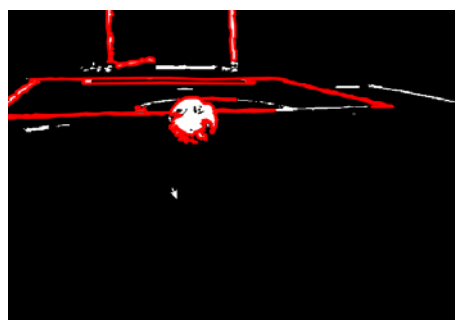


Рис. 2. Бинаризованное изображение с выделенными контурами

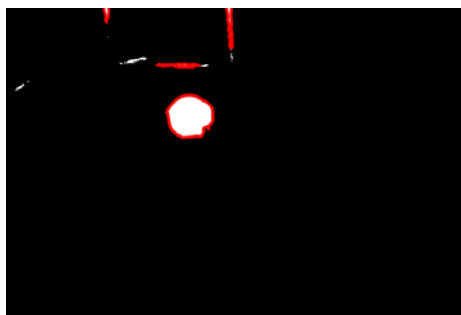


Рис. 3. Бинаризованное изображение с выделенными контурами после размытия



Рис. 4. Найденный мяч на изображении

После бинаризации изображения (рис. 2) на полученном черно-белом снимке выделяются контуры, среди которых необходимо найти принадлежащий мячу. Применение размытия к изображению позволяет избавиться от мелких объектов (рис. 3). Для поиска мяча ищем все контуры, близкие по форме к окружности, для этого пользуемся т.н. свойством компактности – отношение длины контура к его площади. Мяч является самым большим круглым объектом на поле, среди оставшихся контуров выбираем самый большой (рис. 4).



Рис. 5. Исходное изображение ворот

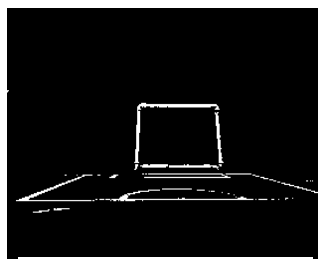


Рис. 6. Бинаризованное изображение ворот

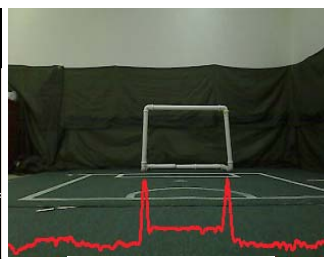


Рис. 7. Диаграмма направленных градиентов наложенная на исходное изображение

Поиск ворот производился с помощью диаграммы направленных градиентов [3]. Исходное изображение с камеры робота (рис. 5) бинаризовывалось (рис. 6). Бинаризованное изображение разбивалось на вертикальные полосы в количестве, равном ширине изображения (640 полос). Диаграмма направленных градиентов строится по количеству белых пикселей в каждой вертикальной полосе. Для наглядности диаграмма отображена на исходном изображении (рис. 7). На гистограмме отчетливо видны два пика, соответствующие штангам ворот. По этим данным можно найти центр ворот.

**Модуль коммуникаций.** Для обеспечения процесса управления игрой в лигах RoboCup Humanoid Soccer и Standard Platform используется GameController – программное обеспечение с открытым исходным кодом [4]. Фазы игры: INITIAL – роботы не могут двигаться, только стоять; READY – должны встать на исходные позиции; SET – роботы не могут менять позиции самостоятельно; PLAYING – игра начинается; FINISHED – игра прекращается. В модуле реализовано получение информации от GameController, формирование ответа и установка состояний системы, от которой зависит поведение робота-игрока.

Также в модуле коммуникаций обеспечивается взаимодействие между игроками команды. В текущей версии программного обеспечения нами не реализовано полноценное согласование действий, на данном этапе мы ограничились лишь передачей собственной информации игроков: место нахождения на поле, расстояние до мяча. Этого недостаточно для создания полноценной стратегии игры, но позволяет, например, автономно осуществить выбор робота-нападающего, следующего за мячом. Также, основываясь на информации от вратаря о расстоянии до мяча, можно определить, на какой половине поля идет игра, и частично решить задачу определения местоположения игроков на поле.

**Основной управляющий модуль.** Поскольку робот представляет собой набор большого числа программных и аппаратных компонентов, работающих в не зависимом друг от друга режиме, модель управления роботом построена на событийно-ориентированном подходе.

Набор состояний, в которых может оказаться система робота-нападающего: FINDBALL – поиск мяча; BALLFOLLOW – следование за мячом; FINDGOAL – поиск ворот; KICKBALL – удар по мячу; STANDUP – робот оказался в положении лежа, необходимо встать. Для робота-вратаря набор состояний: SEARCH\_BALL – поиск мяча; BALL\_TRACKING – слежение за мячом; CATCH\_BALL – выполнение защитного действия; RETURN\_ON\_POSITION – возвращение на позицию в воротах; STANDUP – робот упал, необходимо встать.



Переход между состояниями осуществляется на основе «событий-маркеров»: «получение сигнала от GameController», «потеря мяча», «мяч находится в зоне удара», «робот упал» и др.

**Испытания.** Испытания разработанного программного обеспечения проводились как в лабораторных, так и в реальных условиях на Национальном Чемпионате Германии RoboCup German Open 2015, г. Магдебург, 22–26 апреля 2015 г. В условиях реальных соревнований (сложное освещение, блики покрытия, нестабильность беспроводной связи, неоднородность покрытия поля, большое число объектов вне поля и др.) потребовалась серьезная перенастройка параметров и модификация программного обеспечения. Тем не менее, используя созданный программный комплекс, команда ТУСУРа Photon успешно выступила на соревнованиях RoboCup German Open 2015, г. Магдебург, Германия, 24–26 апреля 2015 г. и заняла II место в лиге Humanoid KidSize Soccer [5].

**Заключение.** В результате выполненной работы впервые в России была сформирована команда антропоморфных роботов-футболистов для участия в соревнованиях RoboCup лиги Humanoid KidSize Soccer, разработано программное обеспечение и проведены испытания путем участия в международных соревнованиях.

### Литература

1. Kitano H. ed. 1998. RoboCup-97: Robot Soccer World. Cup I. Berlin: Springer-Verlag.
2. Рожин А.Л., Станкевич Л.А., Шандаров Е.С. Международные соревнования роботов по футболу RoboCup и перспективы участия в них российских команд // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 2(7). С. 24–29.
3. Dalal N., Triggs B. Histograms of Oriented Gradients for Human Detection // In Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005. IEEE Computer Society Conference. 2005. Vol. 1. P. 886–893.
4. RoboCup GameController [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sourceforge.net/projects/robocupgc/>, свободный (дата обращения: 05.06.2015).
5. РИАТОМСК. Томская команда вышла в финал чемпионата по робофутболу [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.riatomsk.ru/article/20150401/tomskaya-komanda-vishla-v-final-chempionata-mira-po-robofutbolu/>, свободный (дата обращения: 10.05.2015).

УДК 004.588

### АНТРОПОМОРФНЫЙ РОБОТ-ПОМОЩНИК ВОСПИТАТЕЛЯ ДОШКОЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

*А.Н. Зими́на, Д.И. Ример, Е.В. Соколова, Е.С. Шандаров, О.Е. Шандарова*

Разработан прототип аппаратно-программного комплекса для реализации функций робота-помощника воспитателя детского сада на базе антропоморфной платформы Aldebaran Robotics NAO. Функциональность робота определяется набором установленных приложений. Взаимодействие с роботом осуществляется путем голосового, визуального и тактильного интерфейсов.

**Ключевые слова:** социальная робототехника, программирование роботов, робот NAO в образовании, взаимодействие робот–ребенок, антропоморфные роботы.

Социальная робототехника – новое направление в науке, психологии и технике, включающее робототехнические системы в социальные взаимодействия. Социальные роботы – это перспективная ниша как с точки зрения исследований, так и бизнеса.

Область применения социальных роботов обширна, в неё входят роботы персональные ассистенты, роботы-компаньоны для престарелых людей, роботы для работы с детьми и др. Примерами таких роботов являются: робот-помощник Robotalk компании Okamura [1], робот от российской компании Cubic Robotics [2], робот-компаньон «Гиперколобок» компании «Павлин-технологии» [2]. Очень перспективной выглядит антропоморфная робототехническая платформа Pepper, предназначенная именно для использования в быту.

**Взаимодействие робот–ребенок** может базироваться на человеко-центрированном взаимодействии [3]. Примером тому могут послужить несколько проектов, предназначенных для исследования взаимодействия детей с роботами. Например, проект «Аугога» изучает применение роботов в целях терапии и обучения детей-аутистов [3], а проект «ALIZ-E» посвящен исследованию длительного взаимодействия робота с детьми, находящимися на диспансеризации [4].

**Приложения для робототехнических платформ.** Традиционно роботы создаются как специальные или специализированные. Тем не менее в последние годы проявилась тенденция, когда разработчики создают так называемые универсальные робототехнические платформы, функциональные возможности которых могут меняться в зависимости от загруженного набора приложений. Это открывает широкие возможности для независимых разработчиков ПО и делает бытовых роботов более привлекательными с точки зрения потребителя. Приложения могут быть установлены на робота, например, через онлайн-магазин, как это делается в Google Play и Apple AppStore.

**Проект «Робот-няня»** реализуется в лаборатории робототехники и искусственного интеллекта ТУСУРа с 2012 г. Целью проекта является создание программно-аппаратного комплекса, реализующего функции помощника воспитателя детского сада. Идея проекта заключается в том, что воспитатель в детском саду не может в течение дня оказать достаточного внимания всем детям из группы. «Робот-няня» должен помочь в этом, заняв детей полезным делом хотя бы на часть дня. Целью проекта является создание и внедрение робототехнических программно-аппаратных средств в социальную работу с детьми дошкольного возраста.

**Архитектура проекта** включает в себя антропоморфную робототехническую платформу с развитыми средствами коммуникации, набор приложений, реализующих различные сценарии человеко-машинного взаимодействия и программу-диспетчер, обеспечивающую запуск требуемого приложения.

**Робототехническая платформа.** Для реализации проекта было принято решение использовать человекоподобного робота, который должен обеспечить необходимый уровень эмоциональной связи ребенок–машина. Выбор платформы неоднозначен, так как на рынке представлено множество роботов различной конфигурации. Исходя из набора технических характеристик для решения поставленной задачи был использован робот Aldebaran Robotics NAO: 25 степеней свободы; датчики: 2 камеры, 4 микрофона, 9 тактильных сенсоров и 8 датчиков давления; средства коммуникации: речевой синтезатор, светодиодные индикаторы и 2 динамика; связь с роботом по WiFi и Ethernet. Программирование робота может производиться в среде Choreographer.

Система библиотек NAOqi предоставляет разработчику встроенные средства распознавания символов и образов, возможности голосового управления и синтеза (рис. 1). Основными модулями NAOqi являются:

1. Core – содержит методы управления памятью, соединения с компьютером и т.д. (методы ALMemory, ALConnectionManager, ALBehaviorManager).
2. Motion – включает в себя методы управления движением робота (ALMotion, ALNavigation).
3. Audio – модуль работы со звуком (ALAudioDevice, ALAudioRecorder).
4. Vision – модуль обработки изображений (методы – ALFaceDetection, ALVideoRecorder, ALPhotoCapture).
5. Sensors – модуль обработки датчиков и сенсоров (ALLeds, ALBattery, AL-Sensors).

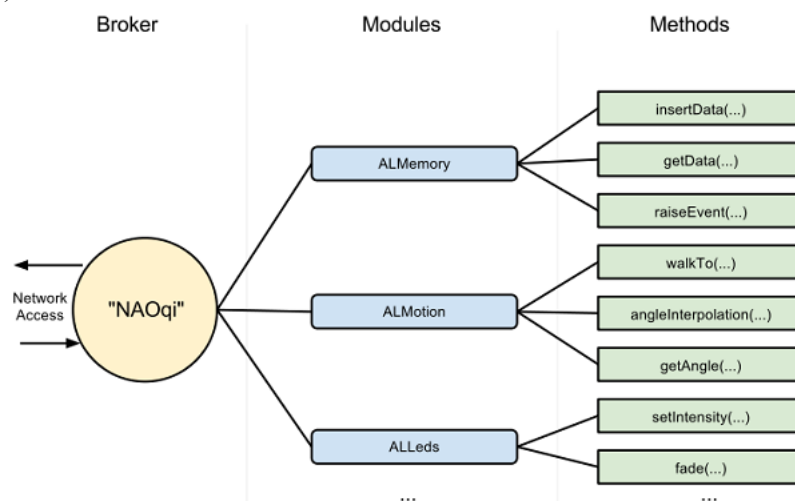


Рис. 1. Система библиотек NAOqi Framework

**Приложения «робота-няни».** С момента старта проекта было реализовано несколько десятков сценариев, часть которых после тестирования на фокус-группах была одобрена для включения в состав комплекса. Как было показано в наших предыдущих работах [5, 6], для эффективного взаимодействия человек–машина крайне важна проработка его сценария.

Важно отметить, что разработка приложений для антропоморфных роботов заключается не только в написании кода, но и в анимации движений робота, которые в случае с платформой Aldebaran Robotics Nao могут сопровождаться звуками, речью, миганием светодиодов. Это позволяет придать роботу человеческую манеру движений, наделить его характером и эмоциями, ведь в конечном итоге основной задачей данной разработки является обеспечение легкости в общении человека с роботом. Интерфейс взаимодействия должен быть интуитивно понятным и простым. Устройствами без экранов, а тем более антропоморфными роботами проще управлять голосовыми командами. В данной реализации управление роботом производится с помощью естественной речи.

**Приложение «Управление роботом»** позволяет ребенку освоить основы управления роботом и преодолеть психологический барьер при взаимодействии с машиной. Управление производится с помощью игрушки однотонного контрастного цвета, например красного кубика. По сценарию робот должен поддерживать

определенное расстояние до игрушки, около 1 м, если робот дальше, он двигается за цель, если ближе – отступает назад. В этой мини-игре ребенок должен провести робота по простой траектории. Для поиска контрастного объекта используется одна из функций библиотеки NAOqi – Vision, основанная на методе бинаризации исходного изображения. По расположению в кадре центра масс одноцветных пикселей изображения задается направление движения, а определение расстояния до объекта делается на основе отношения объема этих пикселей к полному их количеству в кадре. Испытания проводились на различных выставках. Сначала дети боятся двигаться или перемещать контрастный объект, но по мере движения все больше преодолевают этот психологический барьер.

**Приложение «Зарядка»** предназначено для проведения с детьми в интерактивном режиме комплекса физических упражнений. Сценарий: при активации этого приложения робот здоровается с детьми и предлагает повторять за ним упражнения. В приложении реализованы следующие упражнения: повороты головы в различных направлениях; разминка кистей рук, локтей, плечевых суставов; разминка ног, поясницы; последнее упражнение – «ласточка». Сопровождение выполняемых упражнений голосом производилось с помощью модуля голосового синтеза. Движения робота создавались заранее в ПО Choregraphe. Следует отметить, что именно это приложение вызывало наиболее благожелательный отклик как детей, так и взрослых во время демонстрации на презентациях и выставках: дети разных возрастов с удовольствием выполняли упражнения вместе с роботом. Для реализации используются модули библиотеки NAOqi Framework – Motion и Audio. Каждое движение разбито на «сцены», которые настраивались вручную.

**Приложение «Стишок с движениями»** [7] основано на известном в педагогической практике методе при работе с детьми от полутора до 5 лет. Дети как бы иллюстрируют стишок движениями, это расширяет их словарный запас, развивает координацию движений, образное мышление и воображение, тренирует внимание и память. Для ребенка это дополнительная форма игры. В качестве стихов выбирались различные простые потешки, например: «У оленя дом большой...». Для каждой строчки создавались отдельные анимации и переходы между ними. Важным параметром являлось время, необходимое для «чтения» роботом каждой строки, поскольку «чтение» и анимации должны быть синхронизованы. Поскольку, как правило, время, необходимое для выполнения движений, больше, чем на «чтение», синхронизация проводилась по исполнению движений. Несмотря на наличие большого количества степеней свободы робота, было принято решение отказаться от перемещений по поверхности для улучшения параметров равновесия. Испытания подпроекта «Стишок с движениями» проводились в лабораторных условиях и в режиме демонстрации на выставке достижений молодых ученых РостUP-2014 13 ноября 2014 г. в краеведческом музее г. Томска. Демонстрация на выставке проводилась перед фокус-группами – детьми в возрасте от 3 до 7 лет. Испытания показали, что созданный прототип принимается представителями целевой аудитории положительно, большая часть детей старательно повторяла движения робота. Дизайн, анимации робота в целом являются достаточно наглядными и легко понимаются детьми. Для реализации использовались модули Motion и Audio библиотеки NAOqi.

**Приложение «Дорожный инспектор»** помогает детям изучить дорожные знаки в игровой форме [8]. Сценарий включает в себя следующие шаги:

- 1) приветствие детей роботом; предложение выучить и повторить знаки дорожного движения;
- 2) демонстрация карточек детям, затем роботу; сканирование карточек роботом;
- 3) озвучивание текста, соответствующего показанному изображению;
- 4) если карта незнакома или показана некорректно, робот сообщает, что он не знает, что изображено;
- 5) по окончании урока робот благодарит детей за участие и прощается.

Для реализации этой идеи использовались такие возможности робота, как голосовой синтез текста, система технического зрения и распознавания изображений (модули Audio, Vision, Motion). Распознавание знаков производилось на основе сравнения с эталонным изображением, сохраненным в памяти робота. Создание эталонных изображений производилось вручную. Испытания проводились как в лабораторных условиях, так и в «полевых» – на выставках и презентациях и показали высокую точность и скорость распознавания знаков.

**Приложение «Игра в эмоции»** показывает детям способность робота демонстрировать различные эмоции. Сценарий: детям показывают картинки с изображенными на них эмоциями; они определяют, что означает эта эмоция; затем показывают картинку роботу; он считывает метку на картинке и выполняет характерные этой эмоции действия. Робот распознает и демонстрирует следующие эмоции: радость, удивление, гнев, уныние, страх (рис. 2). Приложение использует модули Vision и Motion библиотеки NAOqi.



Рис. 2. Испытания приложения «Игра в эмоции»

**Приложение «Обучение устному счёту»** поможет детям изучить простейшие математические функции в игровой форме. Данная программа реализует простые математические операции (сложение, вычитание, умножение, деление). Сценарий заключается в следующем: детям показывают карточки с цифрами и математическими знаками; они говорят ответ; затем демонстрируются карточки роботу, который выдает ответ. Приложение реализовано функциями библиотеки NAOqi с помощью модулей Vision и Audio.

**Программа «диспетчер»** позволяет выбрать необходимое приложение для исполнения. Посредством устного и тактильного взаимодействия происходит выбор либо всех программ, выполняемых в заданном порядке, либо определенного

сценария. Программа выполнена с использованием модулей Core, Audio и Sensor библиотеки NAOqi Framework. Выполнение любого приложения можно остановить и прервать с помощью тактильного сенсора.

**Заключение.** В результате выполненной работы впервые в России был создан прототип аппаратно-программного комплекса, реализующего функции робота-помощника воспитателя дошкольных учреждений, разработаны сценарии взаимодействия ребенок–робот и дети–робот, проведены испытания. Разработанные прототипы приложений могут быть использованы при создании перспективных систем на базе коммерческих серийных робототехнических платформ для использования в быту, например Pepper компаний Aldebaran Robotics и Softbank.

### **Литература**

1. Robotalk роботизированный ассистент на рабочем столе [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.prorobot.ru/02/Robotalk\\_dtt.php](http://www.prorobot.ru/02/Robotalk_dtt.php), свободный (дата обращения: 11.09.2015).
2. Российский стартап запускает продажи голосового интерактивного помощника [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rbcdaily.ru/business/562949991294475>, свободный (дата обращения: 11.09.2015).
3. Dautenhan K. Socially intelligent robots: dimensions of human–robot interaction // Phil. Trans. R. Soc. b 362 (1480). P. 679–704. doi:10.1098/rstb.2006.2004.2007.
4. Belpaeme T., Baxter P., Wood R. Multimodal Child-Robot Interaction: Building Social Bonds // Journal of Human-Robot Interaction. 2012. Vol. 1:2. P. 33–53.
5. Шандаров Е.С., Зими́на А.Н., Ермакова П.С. Анализ поведения робота-ассистента в рамках разработки сценариев взаимодействия робот–ребенок // Гуманитарная информатика. 2014: Междисциплинарный сб. ст. Вып. 8.
6. Zimina A.N., Ermakova P.S., Shandarov E.S. Robot-Assistant Behavior Analysis for Robot-Child Interactions // Innovations in Information and Communication Science and Technology. Third Postgraduate Consortium International Workshop. Tomsk, 2013. P. 119–127.
7. Шандарова О.Е. Разработка подпроекта «Стишок с движениями» для проекта «Робот-няня» // Научная сессия ТУСУР–2015: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13–15 мая 2015 г. в 5 ч. Томск: В-Спектр, 2015. Ч. 2. 360 с.
8. Зими́на А.Н., Соколова Е.В. Разработка подпроекта «Знаки дорожного движения» для проекта «Робот-няня» // Научная сессия ТУСУР–2015: матер. всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13–15 мая 2015 г. в 5 ч. Томск: В-Спектр, 2015: Ч. 2. 360 с.

УДК 004.738

### **МОДЕЛЬ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ АНАЛИЗА АТТРИБУТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ WGS4 ПРИ ВЕДЕНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА**

***М.М. Рычагов***

Рассмотрены модели анализа атрибутивных и пространственных данных в геоинформационных системах, предложен новый инструмент анализа дан-

ных в геоинформационной системе WGS4, рассмотрена модель хранения данных анализа атрибутивной информации.

**Ключевые слова:** ГИС, анализ данных, атрибутивные данные, пространственные данные, модель хранения данных, тематическая картография.

Современные ГИС-продукты ведения генеральных планов и предоставления картографических произведений накапливают огромные объемы пространственных и атрибутивных данных. В большинстве случаев эти данные статичны, их вид и форма способствуют вполне эффективному восприятию информации, однако необходимы новые принципиальные решения, направленные на максимальное использование этих данных.

Существующая в настоящий момент схема хранения пространственных и атрибутивных данных [1] программного обеспечения веб-ГИС сервера WGS4 [2, 3] позволяет создать неограниченное количество атрибутивных описаний для каждого объекта ЭГП (электронного генерального плана), содержащих произвольные наборы характеристик, описывающих целевой объект с той или иной стороны. Однако доступ к этим данным осуществлен посредством вызова специализированной функции и анализом значений характеристик только в их натуральном виде (в виде непосредственного отображения значения характеристик в определенной форме). Современные потребности предприятий в максимизации эффективности использования информации требуют разработки новых способов анализа совокупности пространственных и атрибутивных данных, позволяющих более информативно и наглядно рассмотреть целевые объекты ЭГП.

А.А. Питенко [4] выделяет три модели анализа пространственных и атрибутивных данных (рис. 1).

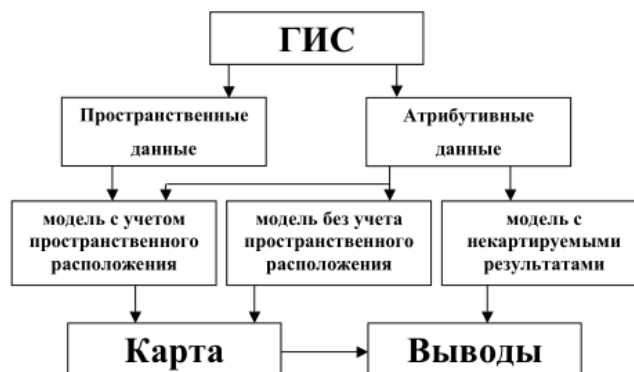


Рис. 1. Способы анализа данных в ГИС

Согласно приведенной на рис. 1 классификации моделей анализа данных в рамках геоинформационной системы ведения электронного генерального плана WGS4 акцент сделан на модель с учетом пространственного расположения объектов, поскольку конечной целью анализа данных является их визуализация на карте ЭГП.

В настоящей работе автором предлагается использование метода тематического картографирования, как способа реализации вышеупомянутой модели анализа данных с целью визуального отображения полученных данных на карте ЭГП с целью максимизации использования статических пространственных и атрибутивных данных.

Результатом применения концепции тематического картографирования является появление такого инструмента представления пространственной и атрибутивной информации, как тематический (графический) отчет, в котором в зависимости от условий и значений атрибутивной информации пространственные объекты отображаются тем или иным стилистическим способом. Примером тематического отчета может являться такое изображение колодцев канализации на карте ЭГП, при котором сильно изношенные объекты отображаются красным цветом, колодцы с средним износом – желтым, со слабым износом или без износа – зеленым. Также в данном отчете, например, белым цветом можно отобразить колодцы, информация о техническом состоянии которых неизвестна.

Конечно, существуют сторонние программные продукты, благодаря которым можно строить тематические отчеты, однако этот процесс весьма трудоемок и требует высокой квалификации инженера, что не всегда возможно, поскольку работу с ГИС ЭГП WGS4 могут осуществлять пользователи куда более низкой квалификации.

Достичь желаемого результата возможно с использованием программного интерфейса MapGuide Open Source для настройки и отображения посредством пользовательского интерфейса необходимых пространственных данных с применением стиля рисования в виде самостоятельных слоев карты без необходимости дублирования этих данных [5]. Архитектура ГИС с использованием MapGuide Open Source была представлена в [6]. В настоящей работе рассмотрена модель хранения данных анализа атрибутивной информации пространственных объектов.

На основании метамодели данных объектов инженерной инфраструктуры электронного генерального плана [1] автором предлагается следующая модель хранения данных анализа атрибутивной информации пространственных объектов с учетом используемой концепции тематического картографирования в инструменте тематических отчетов (рис. 2).

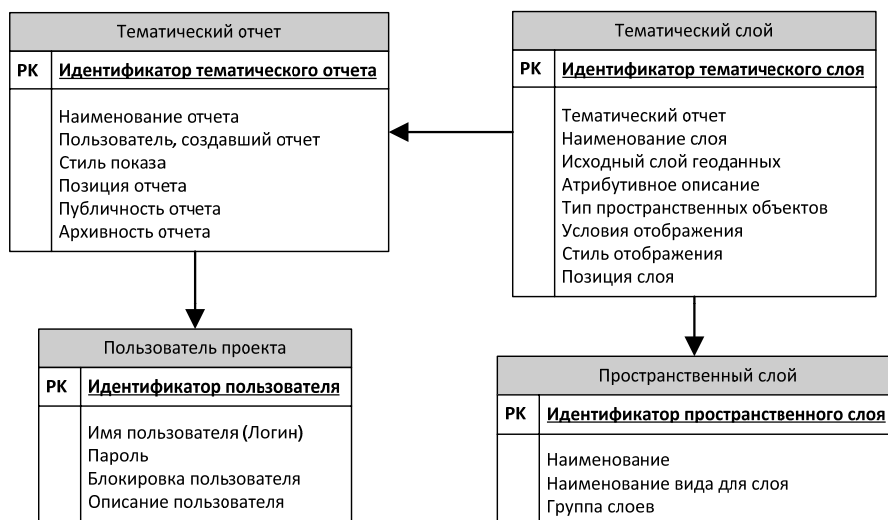


Рис. 2. Модель хранения данных анализа атрибутивной информации пространственных объектов

Ключевыми сущностями данной модели являются сущности «тематический отчет» и «тематический слой». Тематический слой в данной модели является ссылкой на представленный в работе [1] пространственный слой. Именно объек-



ты пространственного слоя послужат основанием отображения пространственных объектов, на основании заданных условий соответствия значений атрибутивных характеристик с использованием определенных стилей рисования. Так, например, на основании характеристики «Этажность» можно отобразить объекты здания различными цветами, а зависимости – от значения характеристики.

Предложенная в данной статье модель позволяет хранить неограниченное количество тематических отчетов, основанных на всем многообразии пространственных объектов, используемых ГИС, настраиваемых на произвольных условиях отображения объектов различными цветовыми стилями в зависимости от значений их атрибутивных описаний. Таким образом, поставленная цель максимизации эффективности использования данных в ГИС оказывается достигнута благодаря применению концепции тематической картографии в инструменте тематического анализа геоинформационной системы WGS4, позволяющей визуализировать атрибутивные данные на карте.

### **Литература**

1. Рычагов М.М. Метамоделю данных объектов инженерной инфраструктуры электронного генерального плана // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2012. Вып. 2. С. 204–207.
2. Гриценко Ю.Б. Архитектура веб-ГИС-сервера для ведения электронного генерального плана инженерной инфраструктуры / Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский, М.М. Милихин // Качество. Инновации. Образование. 2012. № 12 (91). С. 97–101.
3. Гриценко Ю.Б. Геоинформационные технологии мониторинга инженерных сетей / Ю.Б. Гриценко, Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский. 2-е изд. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2013. 148 с.
4. Питенко А.А. Нейросетевой анализ в геоинформационных системах: дис. ... канд. техн. наук, 05.13.16 / КГТУ. Красноярск, 2000. 97 с.
5. MapGuide Project Home | MapGuide Open Source [Электронный ресурс]. OsGeo.org / Your Open Source Compass, 2013. Режим доступа к сайту <http://mapguide.osgeo.org/>
6. Милихин М.М. Комбинированный метод визуализации картографических данных веб-ориентированной геоинформационной системы / М.М. Милихин, Ю.Б. Гриценко // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2015. № 1 (35). С. 112–115.

УДК 004.41

### **РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МОДУЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СКРИНИНГА**

*Д.А. Суняйкина*

Предложен проект разработки модуля Единой государственной информационной системы здравоохранения (ЕГИСЗ), направленный на раннюю диагностику раковых заболеваний, основанный на обработке данных тестирования, по факторам, определяющим группы риска злокачественным новообразованиям. Доказана экономическая эффективность разработки проекта модуля.

**Ключевые слова:** ЕГИСЗ, диагностика раковых заболеваний, скрининг.

**Обоснование разработки.** Согласно статистике количество выявленных злокачественных новообразований в России с годами только возрастает. К примеру, в 2013 г. выявлено 535 887, тогда, как в 2003 г. – только 455 375 случаев.

Структура заболеваемости по злокачественным новообразованиям в России представляет собой: рак молочной железы – 20,9%; опухоли трахеи, бронхов и легкого – 18,4%; новообразований кожи с меланомой – 16,2%; предстательной железы – 12,9%; желудка – 8,6%; шейки матки – 5,3% и т.д. Как можно заметить, удельный вес в структуре онкологических заболеваний и у мужчин, и у женщин имеют злокачественные образования органов репродуктивной системы, что ведет к снижению рождаемости. Выявляемость рака на ранних (I и II) стадиях – залог успешного лечения и сохранения высокого качества жизни у пациента; на ее реализацию направлено большинство скрининговых мероприятий [1].

За последние 10 лет, благодаря программе «Европа против рака» смертность от рака в странах Евросоюза снизилась на 15%. Основной ее целью была первичная профилактика злокачественных новообразований, составляющими которой являются борьба с факторами, определяющими группы риска онкологических заболеваний, и скрининг.

Скрининг – стратегия, направленная на выявление нераспознанной болезни, подразумевающая использование тестов среди здорового населения для выявления людей, у которых болезнь уже развилась, но симптомы еще не проявляются. Проведение скрининга имеет ряд определенных недостатков. Так, в ходе скрининга рак выявляется у существенно большего количества пациентов по сравнению с обычным выявлением. Поэтому скрининг может привести к так называемой гипердиагностике, которая связана с выявлением маленьких и неактивных опухолей, которые настолько медленно развиваются, что никогда бы не были выявлены и не привели к каким-либо проблемам при обычном подходе [2].

Основные недостатки скрининговой программы: не предотвращает возникновения или последующего развития предраковых поражений; имеет достаточно высокие требования; индивидуальные особенности пользователя; высокая стоимость; требует согласованных действий всех служб; пользователи испытывают дискомфорт, осложнения и беспокойства из-за: проведения процедуры скрининга; положительных результатов теста; необходимости последующего обследования и лечения.

Однако уже доказана эффективность цитологического исследования мазков для выявления рака шейки матки, маммографии – для выявления рака молочной железы и колоноскопии или анализа кала на скрытую кровь – для выявления рака толстого кишечника. Ведутся дискуссии о необходимости скрининга рака предстательной железы [2].

Концепция развития здравоохранения до 2020 г. предусматривает: постепенное расширение охвата населения скринингом и повышение качества и доступности диагностики [3].

Согласно Национальной онкологической программе, которая начало свое действие в 2009 г., цели установленные в рамках концепции развития здравоохранения, могут быть достигнуты лишь путем проведения скрининга и профилактических осмотров [4].

Придерживаясь всех вышеуказанных принципов в рамках ЕГИСЗ, мы планируем разработать проект модуля информационной системы скрининга групп риска злокачественных новообразований.

Успешность модуля ИС скрининга зависит от таких факторов, как: полная автоматизация программы скрининга; подбор высококвалифицированного персонала для разработки тестирования и дальнейшего анализа результатов; разработка тестирования приемлемого для обследования наибольшего контингента; рекомендации по скринингу должны иметь серьезное научное и экономическое обоснование; достаточно недорогой способ внедрения и работы системы в рамках исследования в регионе. Осуществление запуска и работы модуля в рамках ЕГИСЗ снижает региональные затраты по сравнению с частными проектами.

**Экономическое обоснование разработки модуля информационной системы скрининга.** Для определения экономической эффективности ранней диагностики злокачественных новообразований определим разницу между количеством средств, которые затрачивает пациент с первой стадией и пациент с четвертой стадией. В таблице представлена информация и о ценах на необходимые услуги.

Для примера возьмем рак поджелудочной железы.

Рак поджелудочной железы схож по своим симптомам с другими пищеварительными заболеваниями, поэтому его сложно выявить на начальных стадиях.

Однако на всех его стадиях рак поджелудочной железы можно диагностировать при помощи: УЗИ; компьютерной томографии (КТ); биопсии; исследования крови с использованием онкомаркеров.

Лечение рака на первой стадии проводится при помощи хирургического вмешательства, химиотерапии – назначение лекарственных средств, а так же радиотерапии – облучение опухоли вместе с окружающими тканями.

На четвертой стадии также используется лучевая терапия – воздействие на опухоль высокоэнергетическим рентгеновским излучением, которое позволяет провести последующее удаление мутированных тканей [5].

**Цены на услуги**

Прием врача, р	УЗИ, р.	КТ, р.	Биопсия, р.	Исследование крови, р.	Хирургия, р.	Терапия, р.	Лучевая терапия, р.
1500	1000	2500	4000	1000	18000 – 50000	50000 – 400000	10000 – 40000

Итак, рассчитаем сумму средств, затрачиваемых на первой стадии.

Допустим, что на первой стадии рака пациенту будет достаточно пяти посещений врача-онколога; для диагностирования пациент сдаст кровь на анализ с использованием онкомаркеров, а затем сделает КТ для определения площади распространения опухоли. Затем будет произведено оперативное вмешательство, при котором будет произведено удаление не только головки поджелудочной железы, в которой локализована опухоль, но и части желудка, двенадцатиперстной кишки и желчного пузыря. Это необходимо для исключения последующего проникновения новообразования в другие части организма. Так как за счет выявления рака на ранней стадии сокращается время его лечения, врач назначит всего один курс химиотерапии.

Таким образом, средняя сумма, затраченная на лечение рака на первой стадии, составляет 227000 рублей.

Теперь рассмотрим, сколько стоит лечение рака поджелудочной железы на 4 стадии: предположим, что пяти сеансов будет недостаточно, и пациенту потребуется не менее десяти. Для диагностирования будут произведены КТ и биопсия. Перед проведением хирургического вмешательства пациенту будет проведено

2 курса лучевой терапии, после которого посредством операции будет удалено не только возможно затрагиваемое пространство других органов, но уже и затронутое, а соответственно стоимость операции возрастет. Затем врач назначит 3 курса химиотерапии, в течение которого пациент будет находиться в стационаре под присмотром специалистов.

Таким образом, стоимость лечения рака на четвертой стадии составит в среднем 796500 рублей, что 3,5 раза превышает стоимость его же на первой стадии.

Выявление и соответствующее лечение рака на первой стадии хотя бы у 20 пациентов из 100 прошедших тестирование скрининговой программой позволит сэкономить до 12000000 рублей.

Для сравнения именно такой сальдированный финансовый результат отрасль «Здравоохранение и предоставление социальных услуг» получила за 2012 и 2013 гг.

Таким образом, определение группы риска злокачественных новообразований и соответствующее определение рака на ранней стадии приведут к снижению затрачиваемых средств на сложные операции на поздних стадиях рака – за счет проведения менее дорогостоящего лечения на ранних стадиях; снижению времени, затрачиваемого специалистами на одного тяжело больного пациента; снижению числа людей, которые зря обращаются в медицинские учреждения; ускорению распознавания злокачественного новообразования на ранней стадии; повышению продолжительности жизни – за счет более раннего установления точки отсчета диагноза; увеличению числа трудоспособного населения – за счет снижения коэффициента смертности во всех возрастных группах.

**Группы риска злокачественных новообразований.** Риском заболевания онкологией подвержены 4 основные группы людей: лица, не соблюдающие правила здорового образа жизни; лица, с предрасположенностью к данному заболеванию (наследственность); работники вредных производств; лица, перенесшие стрессовые ситуации.

**Факторы.** Табакокурение; злоупотребление алкоголем; неправильное питание; ожирение; беспорядочная половая жизнь; недостаток физической активности; ультрафиолетовое облучение; наследственная предрасположенность, работа на канцерогенных предприятиях, психоэмоциональный стресс.

**Технология разработки модуля информационной системы скрининга.** Модуль информационной системы скрининга должен представлять собой тестирование, включающее ряд вопросов на основании факторов, определяющих группы риска. Вопросы для тестирования должны разрабатываться специально отобранной группой экспертов. Данная группа должна обеспечивать контроль за результатами тестирования и своевременное обновление вопросов к нему в случае необходимости. Так как система запускается в рамках ЕГИСЗ, учетная запись пользователя в модуле информационной системы должна быть связана с учетной записью пользователя в ЕГИСЗ, что позволит ему иметь доступ к личной информации пользователя, необходимой для прохождения тестирования. Информация персональных данных пользователя должна иметь возможность попадать в модуль ИС от самого пользователя или же из ЕГИСЗ. Перед тем как информация о пользователе попадет в модуль ИС скрининга, данные о нем должны сохраниться в БД пациентов при помощи подсистемы хранения данных. Пользователю необходимо будет занести индивидуальную информацию о себе по факторам, которые определяют группы риска, и ответить на ряд вопросов. Данные о тестировании будут переданы в модуль ИС в подсистему получения результатов тестиро-

вания. Затем информация будет передана в подсистему обработки результатов тестирования, где согласно правилам обработки результатов тестирования, которые, как и сами вопросы к нему, должны быть разработаны экспертной группой, пациенту будет определена группа риска злокачественных новообразований или ее отсутствие. В случае попадания пользователя в определенную группу риска ему должна быть выдана рекомендация записи на прием к специалисту посредством телефона и регистратуры – указывается телефон специализированного учреждения региона и время его работы; записи через Единую регистратуру региона – указывается ссылка на сайт. Также пользователю должна быть предоставлена возможность сохранения результата посредством загрузки данных на персональное устройство, которая будет обеспечена подсистемой формирования отчетности. Конечный результат о тестировании также должен быть сохранен в БД тестирования и посредством подсистемы интеграции передан в МИС региона.

**Заключение.** Согласно статистике, а также результатам проведения государственных программ в области здравоохранения скрининговые тестирования в качестве ранней диагностики раковых заболеваний при должном оснащении, как техническом, так и материальном, имеют все шансы принести хороший результат, а также сократить затраты на запоздалое лечение, за счет проведения лечения на ранних стадиях заболевания. Вклад государственных средств в раннюю диагностику и профилактику заболеваний в дальнейшем окупится в связи с повышением численности трудоспособного и здорового населения, способного приносить доход государству; за счет повышения морального состояния врачей, путем снижения времени, затрачиваемого на лечение больных; путем снижения числа людей, которые зря обращаются в медицинские организации.

#### Литература

1. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Состояние онкологической помощи населению России в 2012 году. М.: ФГБУ МНИОИ им. П.А. Герцена Минздрава России, 2013.
2. Скрининг и раннее выявление рака // Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://omr.by/dlja-pacientov/skrining-i-ranee-vyjavlenie-raka>, свободный (дата обращения: 29.05.2015).
3. Национальная онкологическая программа до 2015 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.oncology.ru/service/national\\_program/](http://www.oncology.ru/service/national_program/), свободный (дата обращения: 29.05.2015).
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gks.ru/>, свободный (дата обращения: 29.05.2015).
5. Онкостоп [Электронный ресурс]. Режим доступа: [oncostop.su/%2Flechenie%2Frak-podzheludochnoy-zhelezi%2F](http://oncostop.su/%2Flechenie%2Frak-podzheludochnoy-zhelezi%2F), свободный (дата обращения: 29.05.2015).

## МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

*А.В. Волос, М.С. Герасимова, Е.А. Гольцова, М.Г. Крашенинников.*

Рассматриваются система автоматизации приема, передачи и решения инцидентов при управлении крупными и средними предприятиями. и надстройка для мониторинга показателей эффективности работы оборудования.

**Ключевые слова:** показатели ОЕЕ, доступность, производительность, качество, схема IDEF0, функциональная модель, эффективность.

В настоящее время набирает актуальность автоматизация множества процессов на производстве и минимизация затрат без потери качества. Одной из возможностей автоматизировать многие процессы на средних и крупных предприятиях является создание автоматизированной системы управления заявками сотрудников предприятия. Система обеспечивает устойчивую работу всех подразделений организации, оперативно реагирует на неполадки путем предоставления сервисов, позволяющих формировать запросы на получение поддержки от специалистов различных подразделений. Являясь Web-ориентированным программным продуктом, данная система нуждается в прикладном интерфейсе (API), служащем для ее интеграции с другими программными системами, использующимися на предприятии. Примером приложения, которому необходим такой интерфейс, может служить система электронного документооборота (СЭД) предприятия [1]. Платформа доступна каждому сотруднику организации, посредством которой он может заявить о своей проблеме либо решить проблему другого сотрудника. Все обращения регистрируются в единой базе данных, каждая заявка имеет свой идентификационный номер. Далее происходит обработка и распределение заявок между сотрудниками. Пользователи системы смогут отслеживать ход выполнения заявок и просматривать данные по уже выполненным заявкам [2].

На текущий момент времени разработана модель надстройки к уже имеющейся системе, которая отслеживает показатели эффективности работы оборудования, используемого на предприятии, и автоматически создает заявку исходя из этих показателей.

**Надстройка мониторинга показателей эффективности работы оборудования.** Необходимость в системе показателей общей эффективности оборудования и информационной системе их мониторинга возникла из потребности повышения производительности. Это в первую очередь инструмент для анализа потерь производственного времени, выявления структуры и причин этих потерь. Благодаря использованию данной надстройки можно будет бороться с простоями или неэффективным использованием оборудования. Методологической основой является принятая в международной практике система показателей ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness). Показатели ОЕЕ позволяют применить простой алгоритм анализа к такой сложной проблеме, как эффективность производства, выявить наиболее значимые потери времени и сконцентрировать внимание менеджмента на их причинах [3].

Система показателей ОЕЕ основана на представлении о шести основных причинах снижения эффективности оборудования, или шести причинах потерь:

- 1) потери из-за простоев оборудования:
  - а) поломка (отказ),

- б) настройка (переналадка);
- 2) потеря производительности:
  - а) мелкие остановки,
  - б) снижение скорости работы оборудования;
- 3) потери качества:
  - а) брак при запуске оборудования,
  - б) брак при производстве.

Расчёт показателя ОЕЕ производится следующим образом [4]:

$$OEE = A \cdot P \cdot Q,$$

где А – доступность, Р – производительность, Q – качество.

Критерий доступности анализирует потери на остановки, включающие в себя любые внеплановые остановки. Расчет критерия доступности производится по следующей формуле:

$$A = OT/PPT,$$

где ОТ – операционное время – рабочее время, оставшееся после учёта остановок; PPT – планируемое производственное время.

Критерий производительности учитывает потери в скорости (SL), которые включают в себя все факторы, вызывающие снижение рабочей скорости оборудования по сравнению с максимально возможной. Примеры включают износ машин, использование некачественных материалов, неправильную подачу, неэффективные действия оператора.

Расчёт критерия производительности:

$$P = ITC/(OT/TP),$$

где ICT – идеальное время цикла – теоретическое минимальное время, необходимое для выпуска единицы продукции; ОТ – операционное время; TP – выпуск продукции – фактическое количество единиц продукции, выпущенное за операционное время ОТ.

Критерий качества учитывает потери в качестве, которые включают в себя производство несоответствующей стандартам продукции.

Расчёт критерия качества:

$$Q = GP/TP,$$

где GP – выпуск годной продукции – фактическое количество единиц годной продукции, выпущенное за операционное время ОТ; TP – выпуск продукции.

Измерять показатели ОЕЕ довольно трудоемко, но благодаря им руководитель сможет объективно определить: какие потери нужно снизить и каким путем, чтобы быстро и значительно увеличить выпуск продукции, не вводя дополнительных мощностей. Все вычисления должна выполнять система и автоматически формировать заявку, которая направляется ответственным за какие-либо показатели.

**Функциональная модель надстройки.** Для определения функций системы, планирования и организации информационного потока была построен функциональная модель надстройки к системе с помощью языка моделирования IDEF0. Первый уровень декомпозиции функциональной модели мониторинга показателей эффективности работы оборудования на предприятиях среднего и крупного типа показан на рис. 1.

Блок А1. Оператор производственной линии фиксирует в системе все остановки оборудования за смену, указывая их причины из справочника состояний – поломка, отсутствие подачи сырья, порча упаковки и т.д.

Блок А2. Ремонтный персонал регистрирует отказы и повреждения, конкретизирует их виды и причины, планирует работы по их устранению, вносит отчеты о выполнении этих работ, в том числе фактические сведения о трудозатратах, заменах запчастей, стоимости и длительности работ и т.д.

Блок А3. Заведующий цехом готовой продукции вводит данные о произведенной, годной и забракованной продукции, используя при этом различные справочные классификаторы.

Блок А4. В этом блоке производится расчет показателей ОЕЕ: доступности, производительности и качества, используя стандартные формулы расчета данных показателей.

Блок А5. В этом блоке анализируются показатели ОЕЕ и автоматически создается заявка руководителю и ответственным среднего звена. Исполнители получают данные за смену – о показателях потерь рабочего времени, распределении по скорости производства, оценивает показатели ОЕЕ, анализирует причины потерь, планирует мероприятия по улучшению процессов эксплуатации и обслуживания оборудования, контролирует выполнение запланированных мероприятий.

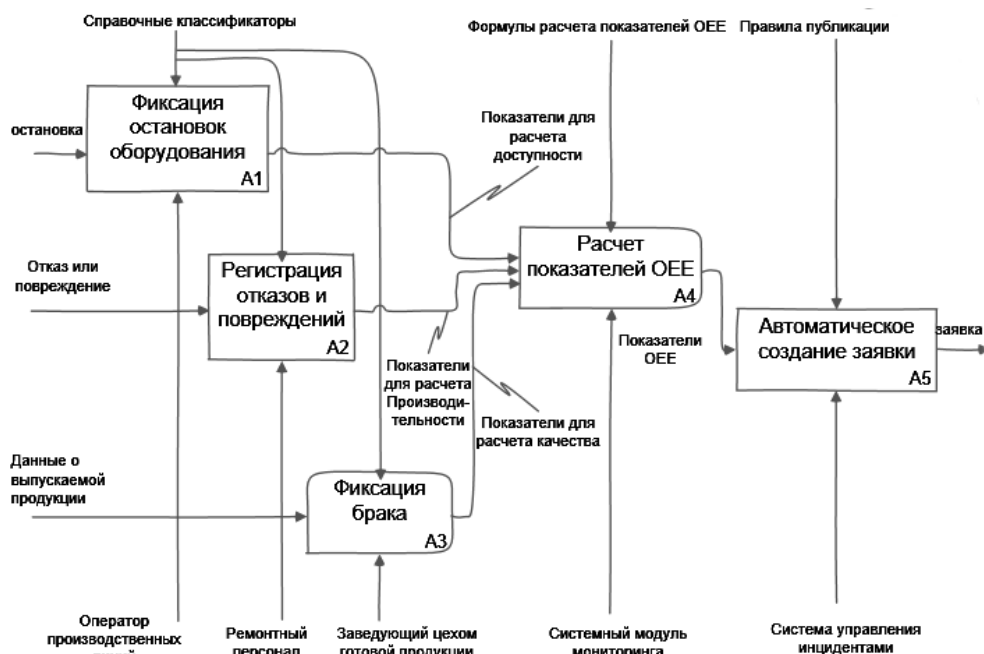


Рис. 1. Первый уровень декомпозиции надстройки к системе

**Итоги.** Данная надстройка реализована в системе автоматизации приема, передачи и решения инцидентов при управлении крупными и средними предприятиями и безотказно функционирует. Использование надстройки мониторинга эффективности работы оборудования позволяет руководителю объективно определить, какие потери нужно снизить и каким путем, чтобы быстро и значительно увеличить выпуск продукции, не вводя дополнительных мощностей.

### Литература

1. Гриценко Ю.Б. Интерфейс взаимодействия геонформационных технологий ведения электронного генерального плана со сторонними программными /



Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский, И.В. Лазарев и др. // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2013. № 1. С. 129–134.

2. Волос А.В. Повышение эффективности работы предприятия за счет использования системы автоматизации приема, передачи и решения инцидентов, возникших на предприятиях среднего и крупного типа / А.В. Волос, М.С. Герасимова, Е.А. Гольцова, М.Г. Крашенинников // XX Всерос. науч.-техн. конф. с международным участием «Научная сессия ТУСУР–2015»: сб. статей. Ч. 4. Томск, 2015. С. 113–116.

3. Информационные системы для технического менеджмента предприятия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.itm.spb.ru/advance> (дата обращения: 10.09.2015).

4. Fast Track OEE for Production People on the Move [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.oee.com/> (дата обращения: 16.09.2015).

УДК 004.415.23

### **РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «СОЕХ» ДЛЯ ПОИСКА И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ НА ЦИФРОВЫХ НОСИТЕЛЯХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЭКСПЕРТИЗ**

*О.В. Лобанов, М.В. Кучер, А.В. Серяков, А.И. Гуляев*

Описана архитектура программного обеспечения для проведения компьютерных экспертиз, а именно: поиск доказательной информации на цифровых носителях, имеющей значение для уголовных, гражданских и административных дел, связанных с компьютерными технологиями, и удобное предоставление данной информации для эксперта, проводящего компьютерную экспертизу. Описаны основные возможности архитектуры и ее преимущества над аналогами.

**Ключевые слова:** компьютерная экспертиза, автоматизация поиска доказательной информации, архитектура «СОЕХ», шаблон проектирования Factory method.

Компьютерно-техническая экспертиза – это самостоятельный род судебных экспертиз, относящийся к классу инженерно-технических экспертиз, проводимых в следующих целях: определение статуса объекта как компьютерного средства, выявление и изучение его роли в рассматриваемом деле, а также получение доступа к информации на цифровых носителях с последующим всесторонним её исследованием [1]. Компьютерная экспертиза, в отличие от компьютерно-технической экспертизы, затрагивает только информационную составляющую, в то время как аппаратная часть и её связь с программной средой не рассматриваются [2].

В данной работе представлена архитектура программного обеспечения «СОЕХ» разрабатывалась для автоматизации поиска доказательной информации, находящейся на цифровых носителях, а также для удобного представления данной информации эксперту, проводящему компьютерную экспертизу. Для проведения компьютерных экспертиз необходима высокая квалификация экспертов, так как при изучении представленных носителей информации, попытке к ним доступа и сбора информации возможно внесение в информационную среду изменений или полная утрата важных данных. Существует первая версия архитек-

туры «СОЕХ», но архитектуру данной версии нужно исправлять для формирования готового продукта. Разработкой первой версии архитектуры «СОЕХ» занимались: Е.А. Сопов, Д.С. Никифоров, И.Ю. Поляков, А.К. Пономарев. В данный момент проект имеет ряд недоработок в архитектуре и модулях. Текущая задача – разработка новой архитектуры «СОЕХ», исправляющей старую версию данной архитектуры, создание готового программного продукта для использования.

**Аналоги данного программного обеспечения.** Существующими аналогами программного обеспечения «СОЕХ» являются:

- NetAnalysis – программа для исследования Windows машин в поисках доказательств действий злоумышленника, касающихся Web-серфинга. Особенности программы – поиск, фильтрация и идентификация доказательства с целенаправленным представлением доказательства [3].

- Network E-mail Examiner. Применяется для исследования почтовых баз MS Exchange (файлы \*.edb), Lotus Notes (файлы \*.nsf) [4].

- Для извлечения метаданных из изображений exiftool (linux) [5].

- ThumbsPlus. Производит поиск картинок [6].

- SkypeFreak – Фреймворк для экспертизы Skype [7].

- Для просмотра файлов офиса (\*.doc, \*.xls) применяется Metadata Assistant. Показывает полную структуру документа, включая последних авторов, ссылки и т.д. [8].

**Отличие представляемого программного обеспечения от аналогов.** Программное обеспечение «СОЕХ» имеет ряд преимуществ перед аналогами:

- распространяется на бесплатной основе (базовый функционал);
- заменяет набор программ, предназначенных для отдельных видов компьютерной экспертизы;
- проводимость компьютерной экспертизы под различными операционными системами.

**Решение поставленных задач.** Архитектура данного программного обеспечения «СОЕХ» основывается на видеоизмененном шаблоне проектирования Factory method. Данный шаблон является порождающим, применение данного типа класса шаблона позволяет абстрагировать процесс инстанцирования (создания экземпляра класса). Тем самым, это позволяют сделать систему независимой от способа создания, композиции и представления объектов. Шаблон, порождающий классы, использует наследование, чтобы изменять инстанцируемый класс, а шаблон, порождающий объекты, делегирует инстанцирование другому объекту. Пример организации проекта при использовании шаблона проектирования Factory method представлен на рис. 1.

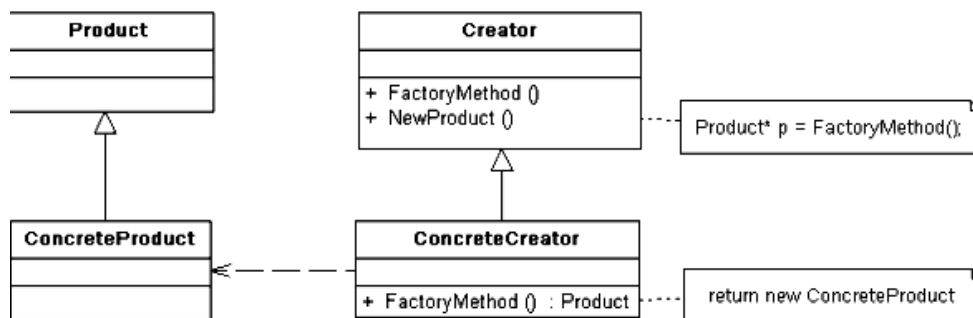


Рис. 1. Пример организации проекта при использовании шаблона проектирования Factory method

Использование данного шаблона позволило разбить проект «СОЕХ» на независимые модули, что весьма упростило задачу разработки, так как написание алгоритма для конкретного задания не влияло на остальную часть проекта. При разработке был реализован базовый класс для работы с образом диска. Данный класс предназначался для формирования списка настроек, определения операционной системы на смонтированном образе и инстанцирования и накопления всех необходимых классов наследников в очереди на выполнение. В ходе работы некоторые написанные модули выполняют свою функцию, но не подходят под архитектуру проекта, что негативно сказывается на завершении проекта, перестройка модулей под главный класс наследования исправляет данную проблему. Также каждый модуль сохраняет проделанную работу в файл расширения (\*.xml), что позволит сделать быстрый поиск из-за особенности строения данного формата. Так, для завершения проекта, а именно для распространения и установки программного обеспечения на unix-подобные операционные системы, использующие систему управления пакетами dpkg, будет использоваться пакетная сборка deb.

**Заключение.** На основе представленной разрабатываемой архитектуры «СОЕХ» можно сделать следующие выводы:

1. Данный проект является многофункциональным и удобным средством для проведения компьютерных экспертиз экспертом.
2. «СОЕХ» будет востребован как в правоохранительных органах, так и при частных расследованиях компаний.
3. На отечественном рынке практически нет конкурентных аналогов «СОЕХ».
4. Данная архитектура не требует больших затрат ресурсов вычислительной машины, что позволит работать операционной системе, где запущен данный проект, в нормальном режиме.

### Литература

1. Федотов Н.Н. Форензика – компьютерная криминалистика. М.: Юрид. мир, 2007. С. 240–432.
2. Михайлов И.Ю Компьютерно-техническая экспертиза. 2007. 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://computer-forensics-lab.org/>, свободный, 04.09.2015.
3. Digital Detective / NetAnalysis [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.digital-detective.net/digital-forensic-software/netanalysis>, свободный, 08.09.2015.
4. Paraben Corporation – Network Email Examiner [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.paraben.com/network-email-examiner.html>, свободный, 10.09.2015.
5. ExifTool by Phil Harvey [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sno.phy.queensu.ca/~phil/exiftool/>, свободный, 10.09.2015.
6. Cerious Software – The Home of ThumbsPlus! [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cerious.com/>, свободный, 10.09.2015.
7. yasoob/SkypeFreak · GitHub [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://github.com/yasoob/SkypeFreak>, свободный, 12.09.2015.
8. Metadata Assistant – PayneGroup [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.thepaynegroup.com/products/metadata/>, свободный, 12.09.2015.

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ АГРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЕГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ****В.С. Куринька**

Проведен системный анализ агротехнического объекта. Построены и последовательно уточнены структурная и функциональная схемы микроинкубационной камеры (МИК). Определены основные подсистемы и системы МИК. Сформулированы основные режимы функционирования МИК. Определен общий сценарий системы управления МИК в одном из режимов функционирования.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система управления, компьютерная модель, режимы функционирования, сценарий управления.

Актуальным вопросом на сегодняшний день является исследование возможности выращивания различных сельскохозяйственных культур в регионах с неблагоприятными климатическими условиями для получения высокой урожайности.

Микроинкубационная камера (МИК) – это автоматизированный агротехнический объект [1], который может с помощью экспериментального подхода и анализа полученных данных создавать эффективные условия для выращивания растений. Акцентируя внимание на биологических характеристиках выращиваемого растения, будем определять параметры управления, а для создания оптимальной технологии роста будем использовать компьютерную модель, встроенную в контур управления, которая отражает структуру и процессы в реальном объекте.

Компьютерная модель, в свою очередь, будет решать следующие задачи:

- определение характеристик компонентов, необходимых для выращивания той или иной сельскохозяйственной культуры (исполнительные механизмы: лампы, насосы, кулеры и т.д.);
- проектирование необходимой геометрии МИК, исходя из особенностей выращивания и необходимых объемов урожайности;
- оптимизация энергопотребления МИК;
- обеспечение проектно-экспериментальной площадки для отработки режимов и архитектуры управления МИК.

Для начала проведем системный анализ такого сложного технического объекта, как МИК (рис. 1). Это позволит нам выделить состав и все связи подсистем данного объекта и определить необходимые компоненты для дальнейшего построения компьютерного модуля МИК (интеллектуальная система управления).

Основные подсистемы МИК [2]:

*Блок управления.* Содержит микроконтроллер, драйверы, платы сбора данных, аналого-цифровые преобразователи, базу данных, компьютерную модель и нейронную сеть.

*Исполнительная подсистема.* Включает в себя элементы автоматики, приводящие в действие регулирующие и возмущающие органы объектов управления (источник света, устройства охлаждения, цифровой вентиль баллона углекислого газа и т.д.).

*Информационно-измерительная подсистема.* Совокупность функционально объединенных конструктивно автономных средств, предназначенных для реше-

ния задач получения и обработки результатов измерения, диагностики средств измерения в пределах МИК, а также обеспечения интерфейсов доступа к этой информации (температурный датчик, датчик влажности, датчик углекислого газа и т.д.).

Функции подсистемы:

- автоматический сбор данных по каждому объекту управления;
- вывод измерительных показателей на терминал;
- контроль заданного интервала опроса датчиков.

*Объекты управления.* Камера для выращивания растений, емкость для питательного субстрата и платформа с растениями.



Рис. 1. Структурная схема МИК

*Интеллектуальная система управления МИК* (компьютерный модуль) (рис. 2), построена на методе нейронных сетей (далее МНС). На данном уровне происходит обработка и оценка данных, полученных с систем контроля параметров объектов управления, обучение искусственной нейронной сети (далее – ИНС) и формирование управляющих сигналов на исполнительные устройства. Хранение данных реализовано с помощью базы данных, которая отражает всю информацию о ходе роста растений, включая параметры для создания оптимальных климатических условий. Также система имеет возможность дачи обратной связи о ходе работы устройств управления и системы в целом, которая представ-

лена в виде протоколов системы управления. Примечательным является тот факт, что данная система управления учитывает не только внутренние показатели и параметры объектов управления, но и производит учет влияния внешней среды на МИК.

*Система контроля параметров микроклимата* – это комплекс датчиков, направленный на оценку создаваемого микроклимата в камере. Оцениваются такие параметры, как температура и влажность воздуха, количество CO<sub>2</sub>, качество и количество света (освещенность, световой поток, спектральный состав, фотосинтетически активная радиация (далее – ФАР).

*Система контроля параметров субстрата* включает в себя блок датчиков, которые измеряют следующие параметры: электропроводность, pH и температуру субстрата.



Рис. 2. Структурно-функциональная схема МИК

*Система контроля параметров дренажа* позволяет контролировать процесс слива питательного субстрата при помощи электронных клапанов.

*Система контроля за состоянием растений.* Благодаря данной системе, компьютерный модуль МИК получает обратную связь по физиологическим процессам, протекающим в камере, и имеет возможность своевременно корректировать управляющие сигналы, которые направлены на создание и поддержание оптимальных климатических условий. В состав системы входит контроль за:

– *температурой листа.* Наряду с тепловыми характеристиками камеры теплицы необходимо знать температуру листа и ее изменение, так как это позволяет

оценить оптимальность условий для прохождения процесса фотосинтеза у растений. Физиологами доказано, что для успешного протекания фотосинтеза температура листовой поверхности должна быть на определенном уровне, исходя из особенностей растения. Зная фактическую температуру, специалист может оценить правильность поддержания параметров микроклимата, а в случае необходимости – скорректировать их, чтобы отрегулировать условия для процесса фотосинтеза;

– *оценкой объема прироста растений.* Отличительной особенностью данной системы является возможность оценки объема и массы прироста растений в режиме online. Это позволяет наглядным образом оценить оптимальность протекаемых процессов в камере;

– *интенсивностью сокодвижения.* Датчик измеряет перемещение воды и растворенных в ней минеральных веществ в растении по сосудам ксилемы от корневой системы к надземной части (восходящий ток) и продуктов фотосинтеза по сосудам флоэмы к точкам роста и генеративным органам (нисходящий ток). Известно, что прекращение транспирации отрицательно сказывается на фотосинтезе, поскольку при диффузии и испарении воды в окружающую атмосферу через устьица происходит поступление в растение углекислого газа, прекращение поступления углекислого газа в растение приводит к прекращению фотосинтеза;

– *цветностью листа растений.* Производительность процессов фотосинтеза и скорость наращивания биомассы растения возрастает с увеличением содержания хлорофилла. Среднее количество хлорофилла, которое приходится на единицу площади зеленого листка растения, является очень важным показателем нормального развития и функционирования растения, измеряется в  $\text{мг/см}^2$ . Благодаря этому показателю можно сделать ряд необходимых выводов, и если требуется, своевременно принять соответствующие агротехнические меры;

– *системой электронного взвешивания растений.* Основная задача оценки развития растительной среды – это отслеживание динамики массы прироста. Данный показатель в совокупности с оценкой прироста объема растений позволяет получить максимально корректную информацию о количественных изменениях растительной среды.

#### **Основные режимы функционирования МИК:**

– пользовательский режим. Система управления имеет заданный алгоритм работы, который позволяет: автоматически создавать и поддерживать необходимый микроклимат в камере для выращивания растений, создавать и поддерживать необходимую концентрацию питательного субстрата, контролировать расход электроэнергии, вести онлайн-оповещение о любых изменениях в работе системы в целом, включая оценку уровня безопасности;

– экспериментальный режим. Расширенный функционал системы управления, который дополнительно позволяет: автоматически корректировать микроклимат и питательный субстрат, исходя из стадий роста и развития растений, автоматически создавать эффективные алгоритмы управления различных сельскохозяйственных культур, проектировать геометрию и расположение компонентов МИК под новые виды культур. Логика управления основывается на анализе изменений наблюдаемых параметров (массив растений – температура листа, высота прироста, цветность, масса прироста и т.д.), при активном воздействии на них управляющих переменных (световой поток, температура воздуха, влажность, кислотно-щелочной баланс питательного раствора и т.д.) и сравнении полученных данных с эталонными значениями.

**Общий сценарий системы управления в экспериментальном режиме [3]:**

- получение исходной информации по параметрам микроклимата [4], питательного субстрата и этапов развития растительной среды от оператора;
- создание микроклимата и питательного субстрата, исходя из заданных параметров оператора;
- получение исходной информации от растительной среды;
- анализ полученной информации;
- выявление отклонений развития растительной среды от параметров, заданных оператором (эталона);
- формирование цели управления;
- построение модели системы;
- определение контура управления – питательный субстрат: кислотно-щелочной баланс, температура, электропроводимость, объем подачи и частота полива; микроклимата в камере: температура и влажность воздуха, уровень освещенности и фотосинтетически активной радиации, продолжительность светового дня, концентрация углекислого газа;
- поиск процедуры решения задачи;
- выбор исполнительных устройств;
- отправка управляющих сигналов на исполнительные устройства;
- получение исходной информации от растительной среды.

**Заключение.** На основе проведенных исследований можно сделать следующий вывод. Создание автоматизированного агротехнического объекта для выращивания большого спектра сельскохозяйственных культур с максимальными показателями объема и уровня содержания для человека полезных веществ в любых регионах страны является приоритетной задачей. При этом основополагающую роль в решении этого вопроса будет играть интеллектуальная система управления с возможностью быстрой обучаемости и адаптивности.

Полученные результаты предполагается использовать при проведении дальнейших практических испытаний МИК.

#### **Литература**

1. Куринька В.С., Дмитриев В.М. Требования к алгоритмам управления функционирования подсистем «умной теплицы» // Инженерная мысль машиностроения будущего: сб. матер. Всерос. молодежной науч.-практ. конф. с международ. участием. Екатеринбург: УрФУ, 2013. 524 с.
2. Дмитриев В.М. Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. 2013. № 2 (36). С. 24–36.
3. Алгоритмизация в электронных системах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ani-studio.narod.ru/BOX/Flash/Study/Automation/HTML-Themes/The me11.htm>, свободный (дата обращения: 7.10.2015).
4. Алгоритм. Свойства алгоритма [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gym075.edusite.ru/algoritm.html>, свободный (дата обращения: 4.10.2015).



**РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОННЫМ ДОКУМЕНТООБОРОТОМ**

*М.А. Захаров, Д.М. Иванова, В.В. Кокорышкин, А.А. Терентьева*

Предложена методология SADT на основе стандарта проектирования IDEF0. Определены механизмы реализации автоматизированной системы управления электронным документооборотом, а также входные и выходные данные.

**Ключевые слова:** СЭД, система электронного документооборота, автоматизация, методология SADT, стандарт проектирования IDEF0.

Современный рынок систем электронного документооборота (СЭД) на сегодняшний день содержит достаточное количество программных продуктов, способных удовлетворить требования потенциальных пользователей. При создании программных продуктов, направленных на автоматизацию документооборота, разработчики делают упор не только на реализацию функций учета организационно-распорядительных документов, но и на обеспечение возможности непосредственной работы с внутренними документами, находящимися в общем потоке документооборота (справочной, проектной документацией, договорами, отчетами и т.д.). Главным аспектом при этом становится активное использование СЭД для решения прикладных функций, в которых важной задачей является работа с клиентами: обработка обращений граждан, автоматизация работы сервисной службы, организация проектного документооборота и др.

Рынок документооборота с каждым годом набирает всё больше оборотов, и на данный момент является одним из самых востребованных рынков в мире. По мнению многих аналитиков, потребность в использовании СЭД наступает тогда, когда общий объем документов, ежегодно обрабатываемых на предприятии, достигает четырех–пяти тысяч.

Большинство продуктов на рынке СЭД представляют собой универсальные решения, которые закрывают буквально все: текущие и потенциальные, реальные и гипотетические – потребности заказчика [1]. Разработка «узких» бизнес-решений не пользуется популярностью, так как организации боятся потерять своих потребителей. При этом большинство проектов внедрения показывают, что заказчики не готовы покупать даже половину предлагаемого функционала и после внедрения какого-то простого решения подчас не развивают систему, осваивая на практике то, что уже имеют.

В Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) в рамках проекта группового проектного обучения (ГПО) разрабатывается веб-ориентированная автоматизированная информационная система управления электронным документооборотом с использованием облачных технологий. Создание такой системы обусловлено высокой конкуренцией на рынке СЭД и стремлением ТУСУРа занять соответствующую рыночную нишу [2]. Система будет отвечать основным функциональным требованиям, которые предъявляются к СЭД, легкой в понимании и простой в обслуживании. Основные задачи, которые будут решаться СЭД:

- создание структурированного хранилища документации в соответствии с номенклатурой дел организации;
- сокращение сроков согласования документов;

- предотвращение потери документов;
- повышение уровня исполнительской дисциплины и обеспечение контроля исполнительской дисциплины;
- повышение скорости поиска документов;
- сокращение объема дубликатов документов.

Разрабатываемая система будет включать в себя лишь необходимый функционал и при этом не будет иметь «узкой» специализации – система будет ориентирована на предприятия и организации различных форм собственности. Она поможет упростить процесс документооборота в организации, будет обеспечивать контроль исполнительской дисциплины, а также облегчит работу с архивом документации, если не потребуется доступ к оригиналам в бумажной форме. С точки зрения конечного пользователя программное обеспечение системы должно обеспечивать выполнение всего спектра функциональных задач [3], свойственных системам электронного документооборота, и выполнять следующие функции:

- ведение первичной регистрации всех типов документов, находящихся в общем потоке документооборота;
- ведение электронного архива документов;
- организация автоматизированного контроля исполнения документов: постановка документов на контроль; формирование напоминаний и писем-предупреждений о необходимости исполнения в срок соответствующих документов; продление срока исполнения и снятие документа с контроля;
- ведение технологии электронного взаимодействия между подразделениями организации, посредством работы с документами в электронном виде (просмотр документов, просмотр резолюций руководителя, добавление резолюции и т.д.);
- мониторинг документа – определение стадии, на которой находится рассмотрение того или иного документа;
- связь между документами различного уровня исполнения;
- хранение информации обо всех документах, обеспечив возможность доступа к любой стадии работы с документами;
- ведение системы отчетности по исполнению документов и исполнительской дисциплине сотрудников организации с функцией автоматического информирования руководства о состоянии исполнительской дисциплины.

Как видно из приведенного перечня функций, большинство из них можно отнести к функциям классических систем электронного документооборота. Основной спецификой здесь является необходимость хранения и мониторинга в системе большого объема электронных документов и обеспечение взаимодействия с другими подсистемами.

Для работы системы будут использоваться облачные технологии, применение которых в СЭД особо важно для организаций малого и среднего бизнеса: отсутствуют денежные затраты на оборудование и специализированных специалистов, которые необходимы для поддержания работы системы. При работе с облачными технологиями будет использована методология SaaS (software as a service – программное обеспечение как услуга), которая позволяет предоставить заказчику в пользование необходимое веб-приложение, которому при этом требуется иметь только необходимое количество устройств с возможностью выхода в Интернет. Использование облачных сервисов при создании системы несёт за собой следующие преимущества для потребителя:

- снижение рисков потери данных. Так как обеспечение безопасности данных – дорогостоящий процесс, не каждая организация может себе это позволить. В то время как «на стороне облака» этим занимаются опытные высококвалифицированные специалисты, которые могут обеспечить не только физическую защиту данных (их целостность), но и защиту от утечки информации;
- снижение издержек на IT-персонал и оборудование за счёт отсутствия необходимости приобретать и поддерживать оборудование и программное обеспечение. Нет необходимости приобретать сопутствующие программное обеспечение за счёт исчерпывающего функционала;
- оперативное внедрение СЭД;
- мобильность. Возможность вносить и запрашивать данные из любого места с доступом к Интернету.

В соответствии с заявленным функционалом и необходимостью использовать облачные сервисы разработана функциональная модель будущей СЭД.

Функциональная модель отображает функциональную структуру, т.е. производимые системой действия и связи между этими действиями. Функциональная модель проектировалась с использованием программного продукта «Ramus» с помощью методологии SADT на основе стандарта проектирования IDEF0 [4].

На рис. 1 представлена общая функциональная модель СЭД.

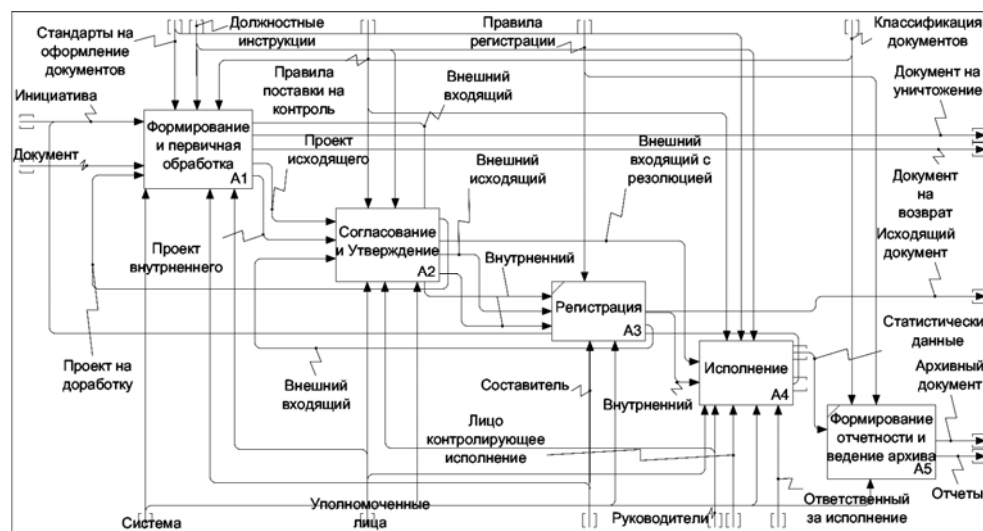


Рис. 1. Общая функциональная модель системы электронного документооборота

Функциональная модель отображает процессы системы электронного документооборота, связанные с жизненным циклом документа в организации. Прохождение по этапам жизненного цикла зависит от типа документа, который определяется общепринятым классификатором или классификатором организации. Каждый блок данного уровня, этап жизненного цикла, декомпозируется на более простые процессы (от трёх до шести). На рис. 2 представлена декомпозиция блока A44 «Организация контроля исполнения».

Данная функциональная модель взята за основу описания функций технического задания на создание веб-ориентированной информационной системы управления электронным документооборотом. Планируется создание прототипа

СЭД по данному техническому заданию в рамках проекта ГПО АОИ-1502, его продвижение на рынке и дальнейшее коммерческое использование.

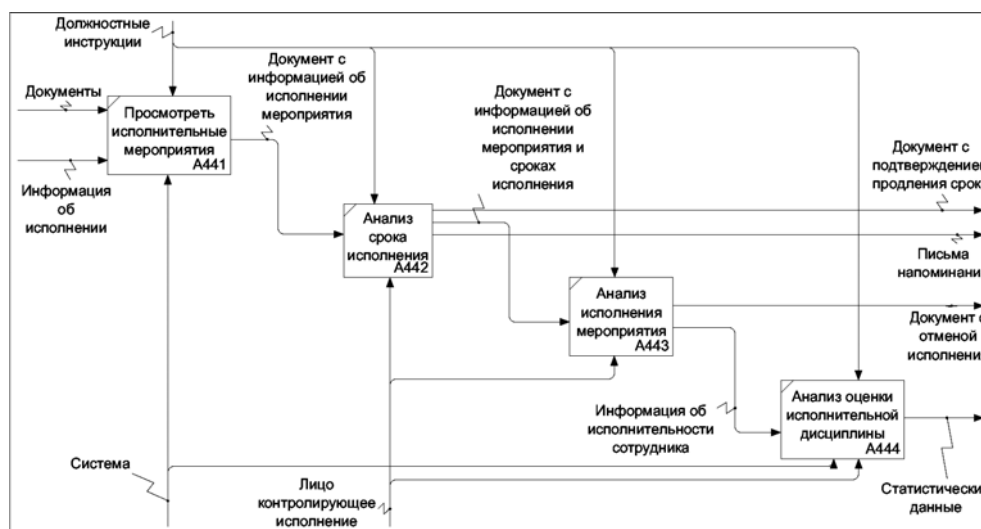


Рис. 2. Декомпозиция блока A44 «Организация контроля исполнения»

### Литература

1. Кайнер М. Не слишком ли много универсальных ECM-решений на российском рынке? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecm-journal.ru/docs/Ne-slishkom-li-mnogo-universalnykh-ECM-reshenijj-na-rossijskom-gynke.aspx>, свободный (дата обращения: 26.09.2015).
2. Сенченко П.В. Обоснование целесообразности применения web-ориентированных технологий при разработке информационных систем электронного документооборота // Проблемы теории и практики управления. 2011. № 6. С. 33–37
3. Сенченко П.В. Организация документооборота электронного генерального плана промышленного предприятия / П.В. Сенченко, Ю.П. Ехлаков, И.В. Лазарев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. СПб., 2012. № 5 (157). С. 103–107.
4. ICAM Architecture Part II-Volume IV – Function Modeling Manual (IDEF0), AFWAL-TR-81-4023, Materials Laboratory, Air Force Wright Aeronautical Laboratories, Air Force Systems Command, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio 45433, June 1981.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель секции – Шелупанов Александр Александрович,  
д.т.н., профессор, ректор ТУСУРа*

УДК 004.056

### **МОДЕЛЬ УГРОЗ ПОДСИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ПЕРЕГОВОРОВ**

*С.В. Козлов, А.А. Загородников, А.Н. Вознюк,  
А.В. Кригер, Г.В. Тумуров, А.П. Кишнянкин*

Предложена модель угроз подсистемы технической защиты информации объектов информатизации, предназначенных для ведения конфиденциальных переговоров. Обозначена проблематика существующей методики решения задачи информационной безопасности на реальных объектах. Предложенная модель является универсальной и имеет как учебное, так и практическое значение при решении задач построения системы защиты на предприятии.

**Ключевые слова:** подсистема технической защиты информации, модель угроз, объект информатизации.

Подсистема технической защиты информации (ПТЗИ) является важнейшей составляющей системы защиты информации объектов информатизации (ОИ) на предприятии. Вместе с этим актуализация ПТЗИ в соответствии с реальными условиями эксплуатации объекта защиты возможна только на основе разработки модели угроз безопасности информации подсистемы. Существующие известные модели в недостаточной мере чётко и ясно формируют представление о составе и содержании модели угроз безопасности информации ПТЗИ ОИ (модель угроз) на предприятии, что определяет необходимость её разработки.

**Модель угроз безопасности информации** определяется как физическое, математическое, описательное представление свойств или характеристик угроз безопасности информации [1].

Угроза безопасности информации организации – совокупность факторов и условий, создающих опасность нарушения информационной безопасности организации, вызывающую или способную вызвать негативные последствия (ущерб / вред) для организации [2]. При этом фактор – явление, действие или процесс, результатом которого могут быть утечка, искажение, уничтожение защищаемой информации, блокирование доступа к ней.

Классификация и перечень факторов, воздействующих на безопасность защищаемой информации, определены в ГОСТ Р 51275 [3].

Изложенное даёт основания представить структурную составляющую модели угроз (табл. 1).

В качестве основы разработки содержательной составляющей модели угроз представляется целесообразным использовать ранее предложенную модель ПТЗИ ОИ, предназначенных для ведения конфиденциальных переговоров [3].

Таблица 1

Структурная составляющая модели угроз

Угроза	Фактор	Условие
...	...	...

На основании детального анализа модели (рис. 1) модель угроз ПТЗИ ОИ, предназначенных для ведения конфиденциальных переговоров, представлена в табл. 2.

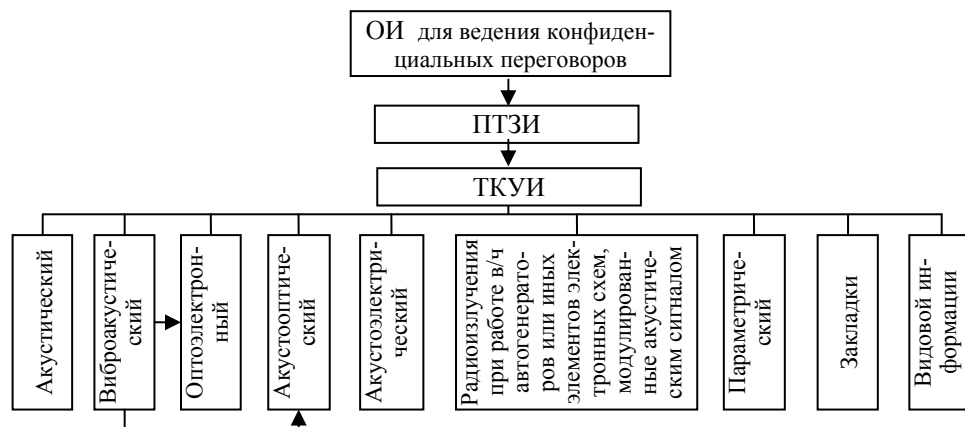


Рис. 1. Модель ПТЗИ ОИ, предназначенных для ведения конфиденциальных переговоров

Таблица 2

Модель угроз ПТЗИ ОИ, предназначенных для ведения конфиденциальных переговоров

Угроза	Фактор	Условия
1. Угроза перехвата информации по акустическому ТКУИ	Процесс обработки защищаемой речевой акустической информации	Нарушение режима эксплуатации дверей и окон помещения ОИ в период проведения конфиденциальных переговоров. Неудовлетворительные технические характеристики его строительных конструкций (дверей, окон, вентиляции, стен, потолков, полов)
2. Угроза перехвата и_с по виброакустическому ТКУИ		Выход системы водоснабжения помещения ОИ за пределы КЗ. Неудовлетворительные технические характеристики его строительных конструкций
3. Угроза перехвата и_с по оптоэлектронному ТКУИ		Наличие вероятных мест размещения аппаратуры перехвата информативного сигнала в пределах видимости отражающих поверхностей помещения ОИ
4. Угроза перехвата и_с по параметрическому ТКУИ		Наличие вероятных мест размещения аппаратуры перехвата информативного сигнала. Наличие элементов ВТСС, параметры которых изменяются под воздействием акустических сигналов
5. Угроза перехвата и_с по акустоэлектрическому ТКУИ		Наличие акустоэлектрических преобразователей, имеющих выходы за пределы помещения ОИ
6. Угроза перехвата и_с по акустооптическому ТКУИ		Наличие в помещении ОИ ВОЛС, имеющих выход за пределы помещения, а также за пределы КЗ
7. Угроза перехвата и_с по каналам радиоизлучения		Наличие ВЧ-автогенераторов, радиоизлучение которых выходит за пределы КЗ

Угроза	Фактор	Условия
8. Угроза перехвата информации с использованием закладных устройств	Процесс обработки защищаемой речевой акустической информации	Наличие в помещении ОИ возможно внедренных закладных устройств
9. Угроза перехвата информации по техническим каналам утечки видовой информации		Преднамеренное или ошибочное расположение средств отображения информации относительно направлений и мест возможного расположения средств, систем и аппаратуры перехвата информации

Для уточнения разрабатываемой модели угроз на предприятии представляется целесообразным использовать Банк данных угроз безопасности информации ФСТЭК России [5].

#### **Заключение**

1. Разработанная модель угроз безопасности информации ПТЗИ ОИ, предназначенных для конфиденциальных переговоров, решает поставленную в исследовании задачу, является универсальной и позволяет системно решать задачи технической защиты информации.

2. Угрозы безопасности информации на предприятии актуальны только по совокупности соответствующих факторов и условий. При этом отсутствие либо несоответствие любого из составляющих предопределяет угрозу несостоятельной.

3. Модель даёт чёткое представление о составе и содержании модели угроз безопасности информации ПТЗИ ОИ, предназначенных для ведения конфиденциальных переговоров на предприятии.

4. Модель угроз безопасности информации применима в задачах разработки ПТЗИ всех типов ОИ, предназначенных для ведения конфиденциальных переговоров, и будет способствовать повышению эффективности информационной безопасности объекта защиты.

5. Модель угроз безопасности информации имеет практическое значение, так как была апробирована в учебном процессе и при выполнении выпускных квалификационных работ по информационной безопасности студентов ТУСУРа, а также может быть использована в задачах разработки ПТЗИ на предприятии.

Используемые сокращения:

ВОЛС – волоконно-оптические линии связи;

ВП/ЗП – выделенное помещение/защищаемое помещение;

ВТСС – вспомогательные технические средства и системы;

ВЧ – высокочастотный;

и<sub>с</sub> – информативный сигнал;

КЗ – контролируемая зона;

ОИ – объект информатизации;

ПТЗИ – подсистема технической защиты информации;

ТКУИ – технический канал утечки информации.

#### **Литература**

1. ГОСТ Р 53114–2008 «Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/default.aspx>, (дата обращения: 19.09.15).

2. ГОСТ Р 50922–2006 «Защита информации. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/default.aspx>, (дата обращения: 19.09.15).

3. ГОСТ Р 51275–2006. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/default.aspx>, (дата обращения: 19.09.15).

4. Загородников А.А., Козлов С.В. Модель подсистемы технической защиты информации объекта информатизации // Всероссийская научно-техническая конференция «Научная сессия ТУСУР–2015» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/science/events/session/2015-4.pdf> (дата обращения: 19.09.15).

5. Банк данных угроз безопасности информации. ФСТЭК России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bdu.fstec.ru/threat>, (дата обращения: 19.09.15).

УДК 004.056

## **ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМАТИКА ПРОВЕДЕНИЯ АУДИТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Н.А. Андреева*

Рассмотрены особенности проведения аудита информационной безопасности, этапы проведения аудита ИБ, проблемы, с которыми возможно предстоит столкнуться, а также приблизительные рекомендации по обеспечению информационной безопасности на предприятии.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, целостность, достоверность, конфиденциальность, аудит информационной безопасности, эксперт, стандарты, технологии, системы.

В настоящее время сектор информационных технологий постоянно развивается. Появляется все больше программных продуктов, приложений, модулей. С каждым годом техника становится все мощнее. Для любого типа предприятий найдется программное обеспечение, которое позволит повысить эффективность деятельности организаций.

С помощью информационных систем, предприятия ежедневно передают, обрабатывают и хранят большое количество информации, среди которой могут быть как пользовательские данные, так и банковские реквизиты, и т.д.

Для любой системы обеспечение информационной безопасности является важным критерием. В наше время информация является важной частью практически всех процессов, в связи с чем особенно важно поддержание или совершенствование ее безопасности.

Основной задачей для предприятия является определение необходимости внедрения средств информационной безопасности или изменения уже существующей политики безопасности. Для того чтобы выяснить необходимость реорганизации информационной безопасности, следует провести аудит информационной безопасности. На первый взгляд может показаться, что организация абсолютно защищена от информационных потерь. Однако, помимо видимых проблем в информационной безопасности, существует ряд проблем, которые сложно предвидеть. Для определения «узких мест» в информационной безопасности служит аудит информационной безопасности.



Аудит информационной безопасности представляет собой экспертное обследование основных аспектов информационной безопасности, их проверку на соответствие определенным требованиям.

К аудиту информационной безопасности предприятия обращаются в разных случаях, например, если выросла компания, произошла утечка информации, существуют уже видимые проблемы с безопасностью информации или нет ответственных лиц.

Проведение регулярного аудита информационной безопасности повышает уровень защищенности данных, а также способствует локализации узких мест, существующих в информационной безопасности предприятия.

Аудит информационной безопасности можно представить следующим образом:

- экспертный аудит безопасности, в процессе которого выявляются недостатки в системе мер защиты информации на основе имеющегося опыта экспертов, участвующих в процедуре обследования;
- оценка соответствия рекомендациям Международного стандарта ISO 17799, а также требованиям руководящих документов ФСТЭК (Гостехкомиссии);
- инструментальный анализ защищенности систем, направленный на выявление и устранение уязвимостей программно-аппаратного обеспечения системы;
- комплексный аудит, включающий в себя все вышеперечисленные формы проведения обследования [1].

Стандарты могут определять разные наборы требований безопасности в зависимости от уровня защищенности ИС, который требуется обеспечить, ее принадлежности (коммерческая организация, либо государственное учреждение), а также назначения (финансы, промышленности, связь и т.п.). От аудитора в данном случае требуется правильно определить набор требований стандарта, соответствие которым требуется обеспечить для данной ИС [2]. Также при аудите необходимо выбрать методику, на основе которой будет осуществляться исследование информационной безопасности на предприятии.

Аудит информационной безопасности проходит в 4 этапа. Первый этап представляет собой инициирование процедуры аудита, на данном этапе решаются организационные вопросы, разграничение прав, описание функциональных возможностей каждого участника аудита. На следующем этапе происходит сбор необходимой информации для проведения аудита. На третьем – анализируются данные полученные в ходе аудита. На последнем этапе формируется отчет, в котором представлены также рекомендации и меры по устранению существующих недостатков.

Следует отметить, что при проведении аудита ИБ можно столкнуться с некоторыми проблемами, например с неполнотой предоставленной информации. С данной проблемой эксперты могут столкнуться на втором этапе, когда собирают необходимую для проведения аудита информацию. Всегда стоит учитывать человеческий фактор, руководитель может скрыть наличие проблем. Поэтому экспертам на первом этапе проведения работ важно установить с руководителем и сотрудниками предприятия доверительные отношения и объяснить, что именно в их интересах предоставить актуальную и достоверную информацию.

Кроме этого, существуют предприятия, бюджет которых не позволяет нанять внешних аудиторов, вследствие чего аудит информационной безопасности проводит сотрудник из штата предприятия. Но такой аудит лишает предприятия объективной и независимой проверки уровня безопасности, существующего на предприятии, а также получения заключения о состоянии информационной безо-

пасности от независимой стороны. В таблице представлены преимущества и недостатки проведения аудита информационной безопасности на предприятии штатным сотрудником и внешними аудиторскими организациями.

**Сравнительный анализ проведения аудита разными специалистами**

	Преимущества	Недостатки
Штатный сотрудник	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ясное понимание происходящих процессов и специфики ИС.</li> <li>2. Сведения о системе и итогах аудита остаются в пределах компании.</li> <li>3. Сокращение финансовых затрат на проведение аудита</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие у штатных сотрудников опыта в сфере аудита.</li> <li>2. Недостаток времени у сотрудников.</li> <li>3. Субъективность оценки</li> </ol>
Внешний эксперт	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объективная оценка.</li> <li>2. Наличие обширного опыта в сфере аудита.</li> <li>3. Высокий уровень экспертизы</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сведения об итогах аудита и вся собранная информация о предприятии остаются у внешних аудиторов.</li> <li>2. Сложность выбора аудиторов.</li> <li>3. Высокая стоимость выполнения работ по аудиту ИБ</li> </ol>

После проведения аудита ИБ эксперты предлагают ряд рекомендаций по обеспечению безопасности. Например, это может быть изменение политики безопасности предприятия, ограничение доступа к некоторым ресурсам и сетевым папкам определенным сотрудникам или целым отделам, разграничение прав в информационных системах. Или внедрение систем предотвращения/обнаружения вторжений, которые объединяются в комплекс вместе с функциями роутера и файрвола. Также предложить использование системы фильтрации пакетов данных или межсетевого экрана, при сноровке системного администратора межсетевой экран можно установить на предприятии за один день. Если повышен уровень утечки информации, рекомендуется установить DLP-систему. Это программный продукт, который позволяет предотвратить утечку информации за пределы корпоративной сети.

Рекомендации экспертов могут быть самые разнообразные, в зависимости от масштабов предприятия, деятельности, которую оно ведет, и уровня информационной безопасности. Но все они направлены на повышение качества защиты информации, предотвращение утечек информации, бесперебойную работу с данными.

Главная задача аудита информационной безопасности – проверка и контроль соблюдения процессов и требований по безопасности в информационной системе. При этом не стоит забывать, что наиболее эффективным является комплексный подход к аудиту – проверки требований к техническим и программным средствам защиты недостаточно. Не менее важной составляющей является проверка достаточности организационных мер защиты. Информационная безопасность должна быть обеспечена как на техническом, так и на организационно-административном уровне.

#### **Литература**

1. Интуит. Лекция 11: Аудит состояния информационной безопасности на предприятии. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/563/419/lecture/9583> (дата обращения: 10.04.2015).
2. Инженерное проектирование систем информационной безопасности. Аудит системы защиты информации. URL: [http://193.124.209.204/default.aspx?db=book\\_permyakov&int=VIEW&el=1869&templ=I206](http://193.124.209.204/default.aspx?db=book_permyakov&int=VIEW&el=1869&templ=I206) (дата обращения: 04.06.2015).

**СОЗДАНИЕ РЕЗЕРВНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО  
УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ (АСКУЭ)**

*М.М. Антонов, Н.А. Новгородова*

Предложена база данных для решения проблемы долгосрочного и безопасного хранения информации в АСКУЭ. Приведены требования для создания базы, описано тестирование созданной базы данных на предмет соответствия заданным требованиям.

**Ключевые слова:** база данных, автоматизированная система, АСКУЭ, резервное хранение информации.

**Хранение информации в АСКУЭ.** В настоящий момент существует потребность в недорогой, простой в обслуживании, надёжной и функциональной автоматизированной системе коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) для бытовых потребителей. Задача создания такой АСКУЭ осложняется двумя факторами – большим количеством узлов учёта конечных потребителей и рассредоточением их на значительной территории, что существенно затрудняет доступ к ним через ставшие традиционными каналы передачи данных типа витая пара и интерфейс RS-485.

Создание аппаратно-программного обеспечения системы сбора данных о потребляемых энергоресурсах с приборов энергоучета на базе российских электронных компонентов позволит решить проблему комплексного импортозамещения. Гетерогенная организация сети позволит многократно увеличить достоверность передачи данных.

В рамках данной системы необходимо рассмотреть и решить вопросы о долгосрочном хранении показаний и резервное копирование наиболее важной информации.

Основная функция АСКУЭ заключается в коммерческом учете энергоресурсов. Входными данными для выполнения данной функции являются:

- дистрибутив ПО АСКУЭ;
- заявки;
- данные об авариях;
- показания УУ.

Результатом работы АСКУЭ являются отчеты. В качестве управляющих воздействий на систему выступают руководства по эксплуатации АСКУЭ и тарифы на энергоресурсы.

В задачи системы также входит долгосрочное хранение показаний, в частности за полгода и за 3 года. Данные хранятся на сервере баз данных. Для долгосрочного хранения информации центральной базы данных недостаточно, для этих целей создается отдельная база данных. В этой базе кроме долгосрочного хранения показаний будет храниться и другая важная информация:

- история платежей;
- тарифная сетка;
- список счетчиков;
- список УСПД;
- связи клиентов и счетчиков.

Это необходимо для того, чтобы можно было восстановить важную информацию в случае недоступности центральной базы данных. В центральной базе хранение осуществляется меньшее время, поэтому для восстановления информации большой давности данные будут брать из резервной базы, которая также будет являться архивной.

**Требования к базе данных.** Проектируемая база данных должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к центральному серверу, на котором она будет располагаться.

Минимальные требования к центральному серверу, указанные в техническом задании на разработку системы [x]:

- процессор не ниже Pentium Core i5;
- ОЗУ не менее 4 Гб;
- не менее 500 Гб дискового пространства.

Исходя из требований к аппаратной части центрального сервера и требований в обслуживании 10000 УСПД и 255 счетчиков на каждый УСПД, в минимальной конфигурации сервера, объем дискового пространства, занимаемого базой данных, не должен превышать 500 Гб.

На основе проведенного исследования и поставленных требований была создана модель резервной базы данных (рис. 1).

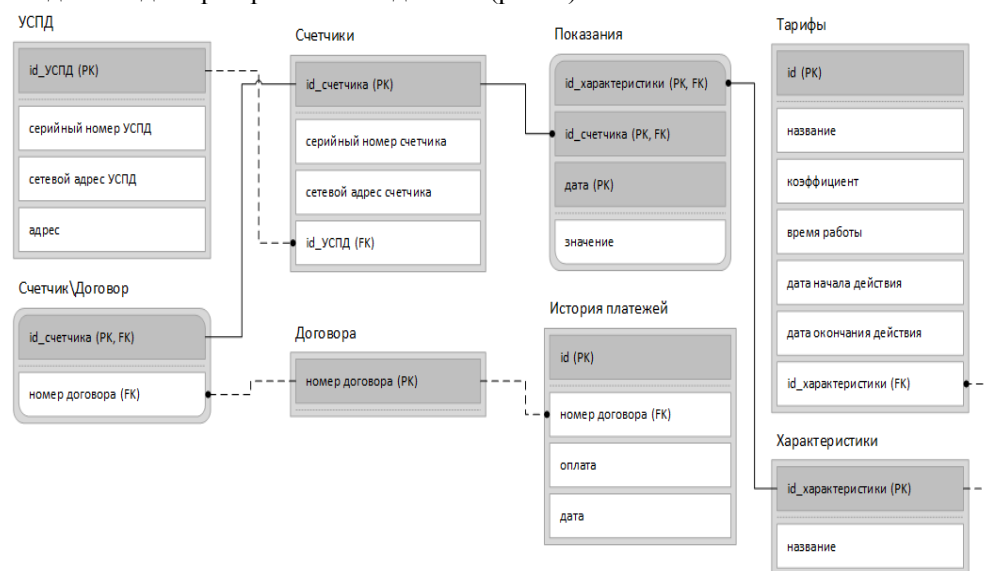


Рис. 1. Модель базы данных

На основе модели создана физическая модель базы данных с помощью системы управления базами данных (СУБД) PostgreSQL [1].

**Тестирование базы данных.** Для проверки соответствия созданной базы данных приведенным требованиям было выполнено теоретическое тестирование базы данных [2].

Расчет предполагаемого объема базы данных проведён для следующих параметров системы:

- 10000 УСПД;
- 255 счетчиков на каждый УСПД;
- 5 характеристик на счетчик;

- срок хранения данных – 5 лет;
  - 4 тарифа в системе;
  - количество клиентов равно количеству счетчиков;
  - платеж на каждого пользователя осуществляется раз в месяц.
- Итоговый размер базы данных вычисляется по формуле

$$\sum_{i=1}^n M_i \times K_i, \quad (1)$$

где  $n$  – количество таблиц;  $M_i$  – количество записей в  $i$ -й таблице;  $K_i$  – размер записи в  $i$ -й таблице.

Для графы «Тарифы» одна запись занимает 64 байта (три значения integer по 4 байта, два значения date по 4 байта, одно значение varchar размером 30 байт и одно значение varchar размером 14 байт). Количество записей в графе составляет 4. Итого размер графы «Тарифы» составляет 256 байт.

Для графы УСПД одна запись занимает 94 байта (одно значение integer по 4 байта, одно значение varchar по 50 байт и два значения varchar по 20 байт). Количество записей в графе составляет 10000. Итого размер графы УСПД составляет 940000 байт.

Для графы «Счетчики» одна запись занимает 48 байт (два значения integer по 4 байта и два значения varchar по 20 байт). Количество записей в графе составляет 2550000. Итого размер графы «Счетчики» составляет 122400000 байт.

Для графы «Договора» одна запись занимает 4 байта (одно значение integer по 4 байта). Количество записей в графе составляет 2550000 записей. Итого размер графы «Договора» составляет 10200000 байт.

Для графы «Счетчик/Договор» одна запись занимает 8 байт (два значения integer по 4 байта). Количество записей в графе составляет 2550000. Итого размер графы «Счетчик/Договор!» составляет 20400000 байт.

Для графы «История платежей» одна запись занимает 16 байт (три значения integer по 4 байта и одно значение date по 4 байта). Количество записей в графе составляет 2550000. Итого размер графы «История платежей» составляет 40800000 байт.

Для графы «Характеристики» одна запись занимает 34 байта (одно значение integer по 4 байта и одно значение varchar по 30 байт). Количество записей в графе составляет 5. Итого размер графы «Счетчики» составляет 170 байт.

Для графы «Показания» одна запись занимает 16 байт (три значения integer по 4 байта и одно значение date по 4 байта). Количество записей в графе составляет 13961250000. Итого размер графы «Счетчики» составляет 223380000000 байт.

Итоговый размер базы данных рассчитанный по формуле (1), составляет 208,22 Гбайт. Результаты тестирования удовлетворяют минимальным требованиям, предъявляемым к центральному серверу.

**Заключение.** После проведенного исследования предметной области и учета требований к создаваемой базе данных, была разработана модель базы и создана физическая база с помощью (СУБД) PostgreSQL [3].

По результатам проведенного тестирования созданная база удовлетворяет требованиям и может быть использована в системе.

При использовании создаваемой базы данных рекомендуется проводить архивирование данных на отдельный носитель. Архивирование следует проводить не реже одного раза в неделю.

### Литература

1. Атре Ш. Структурный подход к организации баз данных. М.: Финансы и статистика, 1983. 317 с.
2. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. 1072 с.
3. Краткий обзор возможностей PostgreSQL [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://postgresql.ru.net/docs/overview.html>, свободный (дата обращения: 09.02.2015).

УДК 007.4

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИРОСКОПА КАК УПРАВЛЯЮЩЕГО МОДУЛЯ В ОХРАННЫХ СИСТЕМАХ

*Д.А. Чакелев, П.А. Ковчунов, Д.А. Антипов, Ю.О. Лобода*

Предложен способ управления моделью с помощью гироскопического датчика. Использование гироскопического датчика позволяет управлять моделью в условиях, приближенных к дополненной реальности, данное устройство может быть использовано в охранных системах разного уровня.

**Ключевые слова:** гироскопический датчик, модель.

Гироскоп – устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчета [1].

Гироскопы предназначены для демпфирования (сглаживания, гашения) угловых перемещений моделей вокруг одной из осей либо стабилизации их углового перемещения. В качестве эксперимента мы решили использовать гироскоп как управляющее устройство, в дальнейшем данное устройство предлагается использовать в проекте «робот-охранник».

**Цель работы.** Создать систему управления на базе гироскопа и исследовать ее.

**Задачи:**

- Проанализировать литературу по теме исследования.
- Разработать схему управления движущимся устройством, используя гироскоп-магнитометр НМС5883L.
- Обеспечить управление устройством на основе изменения данных, получаемых с гироскопа.
- Организовать взаимодействие управляющего и управляемого устройств при помощи открытого беспроводного канала связи.

**Методология проведения работы.** Эмпирическим путем было определено, что для управления как цифровыми, так и аналоговыми устройствами можно использовать гироскопы, причем не только в их классическом понимании – как датчика наклона, использующегося для позиционирования и сохранения равновесия объекта, но и для создания элементов управления дополненной реальностью.

**Гироскоп как управляющий модуль.** Устройство может быть использовано для управления движущимися объектами. Мы видим перспективу применения нашей модели в качестве демонстрационного стенда при обучении и в качестве рабочего модуля системы «робот-охранник». Наша модель наглядно показывает работу устройств с обратной связью.

Данный проект был реализован на базе Arduino Uno, программный код для устройства был написан в среде программирования Arduino IDE.

В процессе разработки были использованы стандартные встроенные библиотеки данной среды программирования плюс библиотека HMC5883L.h для управления гироскопом. Для передачи были использованы библиотеки VirtualWire.h и EasyTransferVirtualWire.h.

```
Фрагмент кода для снятия показаний с датчика:
MagnetometerRaw raw = compass.ReadRawAxis();
MagnetometerScaled scaled = compass.ReadScaledAxis();
int MilliGauss_OnThe_XAxis = scaled.XAxis; // (or YAxis, or ZAxis)
float heading = atan2(scaled.YAxis, scaled.XAxis);
float declinationAngle = 0.0457;
heading += declinationAngle;
if(heading < 0)
    heading += 2*PI;
if(heading > 2*PI)
    heading -= 2*PI;
float headingDegrees = heading * 180/M_PI;
Начальная структура с данными для передачи:
struct SEND_DATA_STRUCTURE{
    int device_id=0;
    int x=0;
    int y=0;
};
Переменная с данными структуры:
SEND_DATA_STRUCTURE mydata;
Запись данных с датчика в структуру:
mydata.x=raw.XAxis;
mydata.y=raw.YAxis;
Отправка данных:
digitalWrite(led_pin, HIGH); // включаем светодиод для отображения процесса пе-
редачи
Serial.print(« x »);
Serial.print(mydata.x);
Serial.print(« y »);
Serial.print(mydata.y);
Serial.println(« ... »);
ET.sendData(); // отправка данных
Прием и обработка данных:
if(ET.receiveData()) // получили пакет данных, обрабатываем
{
    digitalWrite(led_pin, HIGH);
    Serial.print(«Got: »);
    Serial.print(« device id »);
    Serial.print(mydata.device_id);
    Serial.print(« x »);
    Serial.print(mydata.x);
    Serial.print(« y »);
    Serial.print(mydata.y);
    Serial.println();
    digitalWrite(led_pin, LOW);
}
```

Использование гироскопического датчика позволяет управлять моделью в условиях, приближенных к дополненной реальности, данное устройство может быть использовано в охранных системах разного уровня.

**Заключение.** Сейчас есть возможность управления каким-либо движущимся объектом, перемещающимся в пространстве только в 2 координатах.

Передачик и магнитометр в результате взаимного действия друг на друга давали электромагнитные наводки. Повышена частота передачи, в результате чего понизился процент ошибок. Частота передачи структуры данных была повышена в 20 раз.

Система управления была опробована в управлении моделью «робот-охранник», но результат оказался неудовлетворительным, так как скорость реакции человека ниже скорости реакции любого механического устройства ввода, экспериментальные наработки продолжаются.

Был сделан вывод, что в условиях дополненной реальности управление искусственно созданными объектами упростится, потому что пользователь будет иметь большую свободу действий. Также это позволит минимизировать ошибки, связанные с передачей и приемом данных, и исключить поломку управляемого модуля из-за неправильного обращения с ним. Данное устройство может быть использовано в охранных системах разного уровня.

### **Литература**

1. Статья в электронной энциклопедии о гироскопе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гироскоп>, свободный (дата обращения: 01.10.2015).
2. Boxall J. Arduino Workshop: A Hands-On Introduction / J. Boxall. San Francisco: No Starch Press, 2013. 392 p.
3. Blum J. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry / J. Blum. Hoboken: Wiley, 2012. 384 p.
4. Warren J.-D. Arduino Robotics / J.-D. Warren. New York: Apress, 2014. 628 p.

УДК 534.442.5

### **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА**

*Н.С. Егшин, А.А. Конев, А.Ю. Якимук*

Были проведены запись речевого материала, обработка речевого материала, выделение звуковых единиц, описание характеристик звуковых единиц.

**Ключевые слова:** речевые технологии, распознавание речи, речевые единицы, звуковые единицы.

**Задача анализа характеристик звуковых единиц.** Существующие системы распознавания речи изначально заточены под языки, в основе которых лежит латинский алфавит. Подобные системы могут работать и с русским языком, однако точность и верность распознавания оставляют желать лучшего. Дело в том, что русский язык требует изначально другого подхода. Нестрогое построение предложений, большой алфавит, а значит, и большее возможное количество звуковых единиц сводит на нет статистический подход к распознаванию речи. Необходимо анализировать характеристики каждой отдельно взятой звуковой единицы, выявить сходства и различия, что позволит вести работы в двух направлениях: распознавание речи и идентификация диктора в защищенных системах [1]. Такую же работу можно проделать для любого языка, что потенциально может позволить распознавать речь на уровне разговорной, жаргонной, диалектной и т.д.



**Постановка задачи.** Все звуковые единицы разделены на классы: гласные и согласные. Согласные звуки делятся на звонкие и мягкие. Гласные, в свою очередь, делятся на подклассы: ударные и безударные. Ударные гласные звуки делятся на 4 категории в зависимости от взаимного расположения с согласными звуками в слове. Классификация безударных гласных звуков более сложна. Во-первых, звучание безударных гласных зависит от мягкости предыдущего согласного звука, во-вторых, от положения безударной гласной относительно ударной гласной. Итоговый список звуковых единиц состоит из 77 позиций. Основываясь на данном перечне звуковых единиц, необходимо записать речевой материал с нескольких дикторов так, чтобы каждая речевая единица встречалась в речи не менее трёх раз для каждого диктора.

**Анализ формантных характеристик звуков русского языка.** Акустическую характеристику гласных принято давать в терминах формантной структуры, которая определяется конфигурацией резонаторных плоскостей, для каждого отдельного гласного характерно определенное положение произносительных органов и в соответствии с этим определенная формантная структура. В спектре гласного можно различить несколько формант. Качество гласного в основном определяется двумя формантами: первой формантой (F1) и второй (F2) [2]. Более высокие форманты – третья, четвертая, пятая и т.д. – характеризуют скорее индивидуальные особенности говорящего, а не гласный звук как единицу лингвистического противопоставления [3]. Для каждой отдельной звуковой единицы набор формант уникален, однако схожие звуковые единицы имеют и схожее гармоническое строение, что позволяет их идентифицировать.

Для анализа звуковых единиц использовалось приложение SpeechSoft [4]. Данное приложение производит обработку звукового сигнала и отображает следующие результаты обработки в виде графиков: частота основного тона (ЧОТ), максимальные по интенсивности гармоники, одновременная маскировка, интенсивности гармоник в конкретный момент времени.

**Результаты анализа характеристик звуков.** По итогам анализа звуковых единиц были выявлены некоторые закономерности в формантном строении звуков.

Влияние мягкости согласных окружающих гласный звук, на его формантное строение. Например, на графике звука «Атм» (ударная «А», стоящая после твердой и перед мягкой согласными) (рис. 1) в слове «зубами» хорошо видно, как смещается область второй форманты от своего нормального значения (~1100 Гц) до повышенного (~1800 Гц). Подобное смещение второй форманты к повышенным значениям встречается у всех гласных независимо от их ударности.

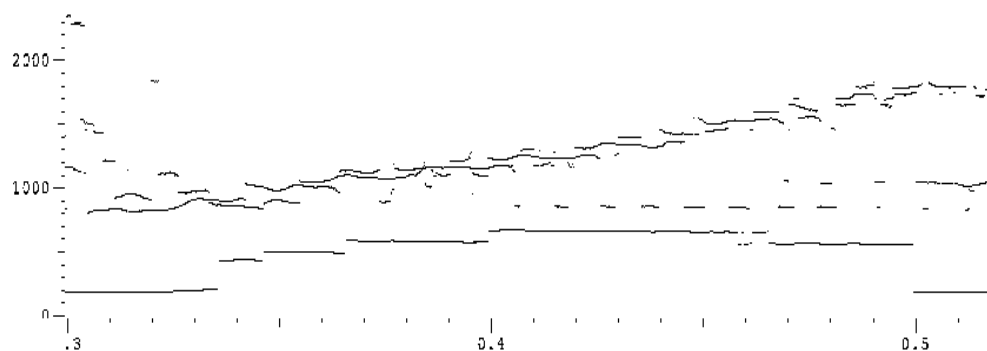


Рис. 1. Формантное строение звука «Атм» в слове «зубами»

В ходе работы удалось выделить приблизительные диапазоны значений формант для сонорных согласных звуков (таблица).

**Диапазоны значений формант для сонорных согласных звуков**

Согласный звук	$F_1$ , Гц	$F_2$ , Гц
Д	200–300	1200–1700
Н	350	1300–1500
Л	350–550	1400–1500
М	200–300	700–800
З	200–400	1300–1600
В	200–300	1200–1400
Р	150–450	1200–1400
Ж	300	1400–1500
Б	400–500	1100–1400
Г	200–400	1600–2200

Очевидно, что по данным значениям формант невозможно идентифицировать согласный звук, т.к. в данные диапазоны попадает большое количество гласных звуков. Однако если нанести значения диапазонов на один график, так чтобы значения первой форманты лежали на оси абсцисс, а значения второй форманты – на оси ординат, и соединить их линиями, можно увидеть картину, представленную на рис. 2.

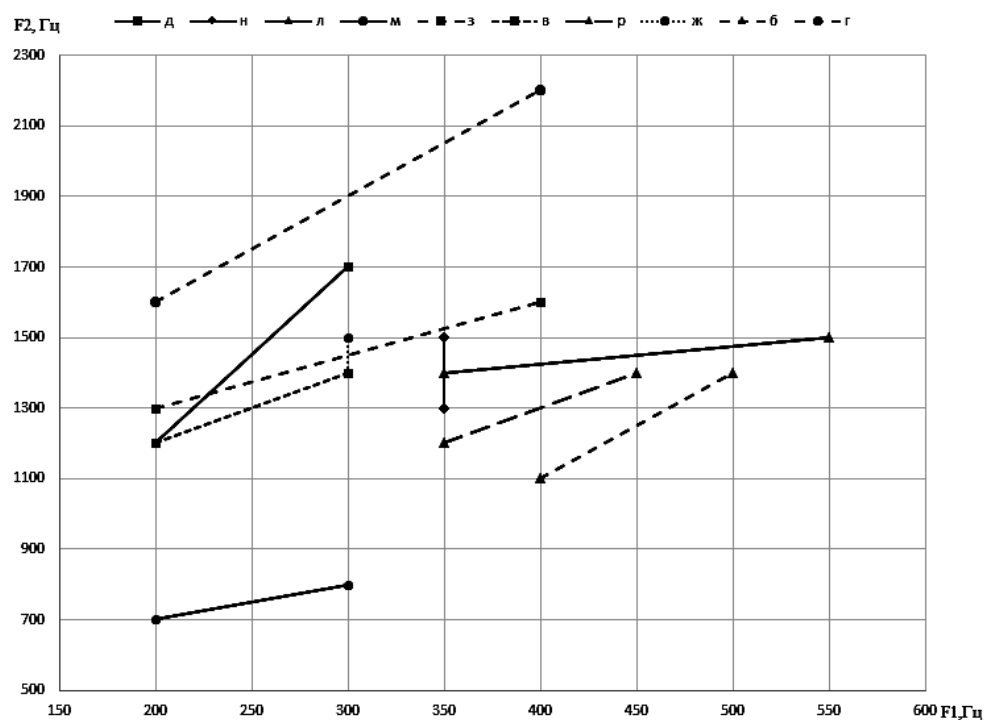


Рис. 2. Значения первой и второй формант для сонорных согласных звуков

На представленном графике можно заметить некоторую корреляцию между расположением диапазонов и местом образования согласного звука, если ориентироваться на значение второй форманты.

По месту образования согласные звуки делятся на 4 крупные группы: губные, переднеязычные, среднеязычные, заднеязычные. Учитывая, что в исследовании принимали участие только звонкие согласные, группы выглядят так:

- губные: «б», «в», «м».
- переднеязычные: «д», «з», «н», «л», «ж», «р».
- заднеязычные: «г».

**Заключение.** На основе проведенных исследований возможно сделать следующие выводы:

1. Мягкость согласных звуков оказывает непосредственное влияние на значение второй форманты близстоящего гласного звука. Если гласный окружён двумя мягкими согласным, то его формантное строение меняется до неузнаваемости, идентифицировать в таком случае его возможно только, если он имеет достаточно большую протяженность, чтобы в середине звучания вернуться к своему нормальному виду.

2. На формантное строение сонорных согласных звуков также, как и на гласные, оказывает место их образования, однако полной закономерности выделить не удалось.

### Литература

1. Мещеряков Р.В., Конев А.А. К вопросу об исследовании биологических параметров человека в защищенных системах // Докл. том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2010. Т. 1, № 1. С. 131–136.
2. Конев А.А., Мещеряков Р.В., Ходашинский И.А. Распознавание гласных звуков по информации о первой и второй гармонике // Шестой междисциплинарный семинар «Анализ разговорной русской речи». СПб., 2012. С. 35–39.
3. Буланин Л.Л. Фонетика современного русского языка. М.: Высш. школа, 1970. 207 с.
4. Черных Д.В., Конев А.А., Мещеряков Р.В. Элементы программного комплекса для оценки биометрических параметров в защищённых системах // Электронные средства и системы управления: матер. докл. междунар. науч.-практ. конф. Томск: В-Спектр, 2011. С. 188–190.

УДК 004.056.53

### БЕЗОПАСНОЕ ХРАНЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В ОБЛАЧНОМ СЕРВИСЕ

*И.В. Горбунов, М.О. Калмыков, Е.В. Рассказов*

Описан способ безопасного взаимодействия клиента и сервера, а именно: передачи и хранения учетных данных в зашифрованном виде. Описаны структуры пакетов данных, которыми стороны обмениваются в ходе взаимодействия, и элементы протокола клиент-серверного взаимодействия.

**Ключевые слова:** криптография, безопасное хранение данных, безопасное клиент-серверное взаимодействие.

Сервисы для удаленного хранения и синхронизации данных очень удобны. Они предоставляют услуги поиска и надежного хранения данных. Однако обеспечение конфиденциальности согласно лицензионным соглашениям конечного

пользователя и деклараций, конфиденциальность таких сервисов часто ставятся под сомнения [1–4]. Поэтому чтобы не волноваться о конфиденциальности частных данных, нужно использовать специализированные надстройки над ними с функции шифрования на стороне клиентского устройства.

Для приложений на мобильной платформе разработка таких настроек представляет собой сложную задачу. Поэтому важно детальное проектирование способа синхронизации, обработки и безопасного обмена данными между клиентом и сервером, способствующее дальнейшей разработке надстроек шифрования пользовательских данных на мобильных операционных системах.

В данной работе представлена информация о структурах пакетов данных, разработанных с целью обеспечения безопасного взаимодействия мобильных клиентов и сервера в ходе обмена. Моменты хранения и передачи информации являются ключевыми при работе сервисов облачного хранения данных, т.к. необходимо обеспечить их конфиденциальность и целостность. Поэтому необходимо сфокусировать внимание именно на структуре пакетов данных, которыми стороны будут обмениваться и которые будут храниться на стороне сервера.

**Структура пакета, отправляемого клиентом на сервер.** При передаче данных от клиента к серверу, передаются данные, которые зашифрованы по принципу PGP (Pretty Good Privacy – рис. 1) с небольшим дополнением. Непосредственно сам принцип PGP не используется, потому что он не подходит под задачи поиска и передачи только требуемых данных со стороны облачного сервера.

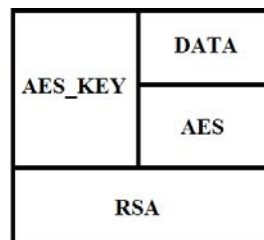


Рис. 1. Классическая схема при шифровании по принципу PGP

TOKEN	ID_DEVICE	AES_KEY:	DATE	NOTE	TYPE_PACKET	ID_MESSAGE	TYPE_MESSAGE	ID_USER	DATA
		RSA(SERVER_OPEN_KEY)	AES(KEY <sub>1</sub> )						

Рис. 2. Структура пакета с данными, передаваемого на сервер (P1)

Предлагаемый способ включает в себя шифрование на двух уровнях – симметричный и асимметричный методы шифрования. В отличие от классического PGP [5–7] здесь в пакет также включены следующие данные (рис. 2):

- ID\_USER – внутренний идентификатор пользователя облачного сервиса;
- ID\_DEVICE – внутренние устройства пользователя облачного сервиса;
- DATE – текущая дата и время в формате UTC;
- ID\_MESSAGE/ID\_MESSAGES – уникальный номер сообщения или группы сообщений;
- TYPE\_MESSAGE – тип сообщения;
- TYPE\_PACKET – тип пакета, указывающий приемной стороне, что хранит данный пакет;
- NOTE/NOTES – поисковое поле, позволяющее пользователю находить и получать требуемые сообщения;

- дополнительный уровень симметричного шифрования (AES);
- TOKEN – средство аутентификации пользователя на протяжении одной веб-сессии.

Данные, необходимые для передачи на сервер, зашифровываются криптосистемой AES [5] (ключ генерируется на устройстве):

$$A: E_{k1} (DATA),$$

где  $k1$  – ключ  $AES\_KEY_1$ ,  $DATA$  – данные, которые необходимо защитить.

Они помещаются в контейнер вместе с  $ID\_USER$ ,  $TYPE\_MESSAGE$ ,  $ID\_MESSAGE$ ,  $NOTE$ ,  $TYPE\_PACKET$  и  $DATE$  ( $DATE$  включает в себя дату и время нулевого меридиана для защиты от атак методом повторения пакетов;  $TYPE\_PACKET$  – тип пакета, необходимый для того, чтобы понять системе, какой пакет приходит на сервер, а клиенту, чтобы в случае ошибки было сообщено о ней). Затем этот контейнер зашифровывается криптосистемой AES на ключе  $AES\_KEY_2$ :

$$A: E_{k2} (E_{k1} (DATA), ID\_USER, TYPE\_MESSAGE, ID\_MESSAGE, DATE, TYPE\_PACKET, NOTE) = X,$$

где  $k2$  – ключ  $AES\_KEY_2$ .

Полученный контейнер зашифровывается еще криптосистемой RSA:

$$A: E_{k3} (X),$$

где  $k3$  – открытый ключ RSA;  $X$  – контейнер, зашифрованный криптосистемой AES.

Полученный в результате проделанных операций контейнер вместе с  $ID\_DEVICE$  и  $TOKEN$  непосредственно отправляется на сервер. Хеш  $TOKEN$  зашифровывается криптосистемой AES на ключе  $TOKEN\_KEY$ , который генерируется пользователем.

Структура  $TOKEN$  описана на рис. 3 и 4, где хеш берётся от самих пакетов, а не от шифров, а процедура подписи данных токеном аналогична протоколу JWT [8].



Рис. 3. Структура  $TOKEN$ а, формируемого клиентом

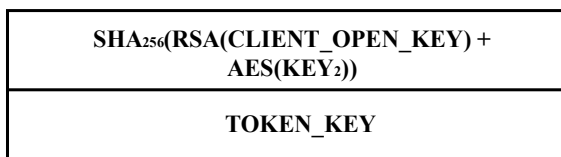


Рис. 4. Структура  $TOKEN$ а, формируемого сервером

**Процедура развёртывания пакета на сервере.** После формирования пакета происходит отправка его с устройства на облачный сервис. Когда данный контейнер приходит на облако, необходимо, чтобы данные не потерялись и были сохранены в нужное место, а также, чтобы их можно было впоследствии, при необходимости найти и запросить – для этого нужно некое разграничение по типам (для сайтов, пин-кодов и т.д.) –  $TYPE\_MESSAGE$ . Соответственно, у каждого пересылаемого пакета данных должен быть свой  $ID$  –  $ID\_MESSAGE$ .

Так как существует вариант, что у одного пользователя может быть несколько устройств, то необходима их синхронизация. Таким образом, возникает проблема обновления закрытых ключей RSA на каждом устройстве. В таком случае на сервере необходимы следующие таблицы:

- ID\_USER, ID\_DEVICE и соответствующие клиентские ключи RSA (закрытые сервера и открытые клиента), а также их статус (рис. 5);
- ID\_USER, TYPE\_MESSAGE, ID\_MESSAGE и NOTE (рис. 6).

ID_USER	ID_DEVICE	RSA_SERVER_CLOSE_KEY	RSA_CLIENT_OPEN_KEY	DATE	STATUS
79	756	8976	3254	10.02.2015	PENDING
		2782	1145	10.02.2010	ACTIVE
	318	3162	3225	20.02.2015	ACTIVE
		2673	9965	10.01.2010	INACTIVE
126	82	8009	5564	23.05.2015	PENDING
		7652	8573	15.05.2010	ACTIVE
		1116	2346	10.05.2005	INACTIVE
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮

Рис. 5. Пример соответствия ID\_USER, ID\_DEVICE, DATE RSA\_KEYS и их статус

ID_USER	TYPE_MESSAGE	ID_MESSAGE	NOTE
79	SITE	827356	vk.com
		926583	odnoklassniki.ru
	PIN	3542	Сбербанк
		861276	Wi-Fi соседа
126	SITE	888542	clife.ru
		322031	gmail
	PIN	566421	МДМ банк
		300215	Iphone жены
⋮	⋮	⋮	⋮

Рис. 6. Пример соответствия ID\_USER, TYPE\_MESSAGE, ID\_MESSAGE и NOTE

В итоге когда пакет приходит на сервер, из него извлекается ID\_DEVICE и по таблице находится соответствующий ему закрытый серверный ключ RSA. С помощью этого ключа расшифровывается «уровень» RSA зашифрованного контейнера и извлекается ключ AES\_KEY<sub>2</sub>:

$$B: D_{k4} (E_{k3} (X)),$$

где  $k4$  – закрытый ключ RSA;  $E_{k3} (X)$  – «уровень» RSA-контейнера.

И уже с помощью него расшифровывается «уровень» AES(KEY<sub>2</sub>) контейнера, в котором хранятся данные: ID\_USER, TYPE\_MESSAGE, ID\_MESSAGE, DATE, TYPE\_PACKET, NOTE и DATA – собственно та самая информация, зашифрованная AES(KEY<sub>1</sub>) на ключе AES\_KEY<sub>1</sub>, которую необходимо защитить:

$$B: D_{k2} (X),$$

где  $k2$  – ключ AES\_KEY<sub>2</sub>;  $X$  – «уровень» AES-контейнера.

Так как на сервере данные должны храниться в зашифрованном виде, то ключ от AES\_KEY<sub>1</sub> генерируется на устройстве клиента и не передаётся в пакете. Далее необходимо установить соответствие между ID\_DEVICE и ID\_USER,

этот процесс происходит следующим образом: из пакета берётся ID\_USER и по таблице производится поиск, есть ли устройства, которым соответствует наш ID\_USER (рис. 5). Если есть, то данные сохраняются в определённый тип под своим ID (также по таблицам ищется необходимый тип) в зашифрованном виде (рис. 6). Чтобы пользователь мог осуществлять корректные запросы по предоставлению ему нужной информации, необходимо в таблице хранить дополнительную информацию (заметки), например пароль от определённого сайта или пин-код от какой-либо банковской карты, и т.д.

**Структура пакета для подтверждения доставки данных на сервер.** После того как отправлен пакет с данными на сервер, необходимо удостовериться, что данные достигли места назначения. Для этого сервер должен прислать уведомление о том, что данные были получены. Поэтому на сервере формируется новый пакет (рис. 7).

TOKEN	AES_KEY <sub>2</sub>	ID_MESSAGE	TYPE_PACKET	TYPE_MESSAGE	DATE
	RSA(CLIENT_OPEN_KEY)	AES(KEY <sub>2</sub> )			

Рис. 7. Структура пакета, присылаемого сервером для подтверждения доставки данных (P2)

Последовательность отправки пакетов в ситуации, когда клиенту необходимо сохранить данные:

K → C: P1,  
C → K: P2.

При отправке пакета с данными может возникнуть ситуация, когда злоумышленник может перехватить этот пакет, и данные не дойдут до сервера, и злоумышленник будет слать ответы, что данные дошли якобы до сервера.

Во избежание такой ситуации, в передаваемом пакете будет находиться время – DATE (в UTC). В этом случае, даже если злоумышленник перехватит данные, то, чтобы ответить клиенту, потребуется расшифровать этот пакет и извлечь DATE, чтобы отправить их обратно клиенту.

**Заключение.** В результате работы был спроектирован протокол сетевого взаимодействия, который включает в себя структуру и виды пакетов данных, которыми обмениваются мобильный клиент и облачный сервер. Разработан способ взаимодействия, позволяющий обеспечить безопасное хранение и обмен учетными данными, что очень важно для дальнейших этапов разработки приложения на мобильных платформах в условиях частичного контроля в области безопасности за облачным сервисом хранения данных.

На основе структур пакетов, разработанных в рамках решения поставленных задач, можно выделить следующие основные преимущества:

1. Использование современных средств шифрования данных.
2. Комбинированное применение симметричного и асимметричного криптографических алгоритмов, обеспечивающих надежную защиту данных от взлома и устраняющих недостатки друг друга, которые присутствуют при их отдельном использовании.

### Литература

1. Ваша конфиденциальность очень важна для нас. Читаем Заявление о конфиденциальности корпорации Майкрософт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/264885/>, свободный (дата обращения: 16.09.2015).
2. Google Drive – all your base are belong to us [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/142779/>, свободный (дата обращения: 20.09.2015).
3. Dropbox врал пользователям о защите данных, подана жалоба в FTC Майкрософт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/119348/>, свободный (дата обращения: 25.08.2015).
4. Лицензионное соглашение Облака Mail.Ru изменено [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/207780/>, свободный (дата обращения: 23.09.2015).
5. New Comparative Study Between DES, 3DES and AES within Nine Factors / Hamdan Alanazi, B.B. Zaidan, A.A. Zaidan, Hamid A. Jalab, M. Shabbir and Y. Al-Nabhani // Journal of Computing. Vol. 2, issue 3, March 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [HTTPS://SITES.GOOGLE.COM/SITE/JOURNALOF-COMPUTING](https://sites.google.com/site/journalof-computing/), свободный (дата обращения: 20.09.2015).
6. Сравнительный обзор алгоритмов PGP [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.pgpru.com/Библиотека/Статьи/СравнительныйОбзорАлгоритмовPGP>, свободный (дата обращения: 22.09.2015).
7. Циммерман Ф. Введение в криптографию. PGP Corporation, 2004 С. 1–18.
8. JSON Web Token (JWT) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tools.ietf.org/html/rfc7519>, свободный (дата обращения: 25.09.2015).

УДК 004.93

### АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ДИНАМИКЕ ПОДПИСИ НА ОСНОВЕ НАИВНОГО КЛАССИФИКАТОРА БАЙЕСА

*М.А. Гураков, Е.О. Кривоносов, Е.Ю. Костюченко*

Реализован наивный классификатор Байеса. Найдены оптимальные параметры работы классификатора, выраженные в количестве интервалов, на которые разбивается область значения параметров подписи. Проведено тестирование классификатора Байеса. Получены статистические параметры работы классификатора.

**Ключевые слова:** наивный классификатор Байеса, параметры классификатора, оптимальное разбиение, вероятность ошибки классификации.

В настоящее время актуальной задачей остаётся быстрая и простая аутентификация пользователей. Проблемой является то, что быстрая и простая аутентификация – это также ненадёжная аутентификация, в процессе которой велика вероятность как отказа в доступе правомочному пользователю, так и допуска к системе неправомочного. При привычной парольной аутентификации высок риск подбора пароля при его относительной простоте и ошибки при его вводе, если пароль достаточно сложен. До сих пор нередки случаи, когда сотрудники записывают свой пароль и хранят на рабочем месте, что негативно сказывается на информационной безопасности их рабочих мест. В попытке защитить информа-



ционные ресурсы организации устанавливают сложные комбинированные системы аутентификации, на что тратятся значительные денежные средства, также сотрудникам необходимо запоминать и выполнять некоторую сложную последовательность операций по несколько раз в день. Часто сотрудники в результате незначительных ошибок в процессе аутентификации оказываются не допущены к рабочему месту. При выборе более простых систем повышается вероятность доступа внутрь организации злоумышленника, что в потенциале может нанести организации непоправимый ущерб. Сейчас выбор системы аутентификации – это баланс между удобством пользователей системы и защитой от несанкционированного доступа к информации.

Цель исследования заключается в достижении меньшего значения ошибок второго рода при незначительном росте ошибок первого рода разрабатываемой системы аутентификации пользователя по динамике подписи в сравнении с системами аутентификации пользователей по динамике подписи на базе нейронных сетей. Идея состоит в совмещении работы алгоритма аутентификации нейронной сети и классификатора Байеса. Первым этапом исследования являлась реализация наивного классификатора Байеса в среде Matlab R2010a.

Наивный классификатор Байеса служит для распознавания принадлежности объекта некоторому классу, в данном случае для распознавания принадлежности подписи классу подписей отдельного пользователя. Применение классификатора состоит из двух частей – обучения и распознавания.

Алгоритм обучения следующий:

1. Считываются параметры подписей.
2. Область значений параметров разбивается на  $n$ -е количество интервалов, количество попаданий в определённый интервал суммируется.
3. Высчитывается  $\log(P_{ni}(S))/P_{ni}(\neg S)$ , где  $P_{ni}(S)$  – вероятность попадания в  $n$ -й интервал для  $i$ -го пользователя, а  $P_{ni}(\neg S)$  – вероятность попадания в  $n$ -й интервал для всех остальных пользователей, кроме  $i$ -го.

Алгоритм распознавания следующий:

1. Считываются параметры подписи.
2. Область значений параметров разбивается на  $n$ -е количество интервалов.

3. Для каждого пользователя высчитывается  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{\log(P_{ni}(S))}{P_{ni}(\neg S)}$ , где  $n$  – количество интервалов,  $m$  – количество попаданий в интервал,  $P_i(S)$  – вероятность

попадания в  $i$ -й интервал для конкретного пользователя,  $P_i(\neg S)$  – вероятность попадания в  $i$ -й интервал для всех пользователей, кроме конкретного.

Был произведён комплекс расчётов для определения количества интервалов, при котором обеспечивается минимальное среднее количество ошибок аутентификации. Расчёты проводились для количества интервалов в диапазоне [2] с шагом 1 (с целью чётко показать характер зависимости), для каждого заданного количества интервалов программа выполнялась 20 раз.

Для большей наглядности был построен график зависимости средней вероятности ошибки идентификации от количества интервалов. График уравнения представлен на рис. 1.

Из графика следует, что разбиение областей значений параметров на 3 интервала является наилучшим решением. Далее ошибка возрастает в соответствии с найденной зависимостью.

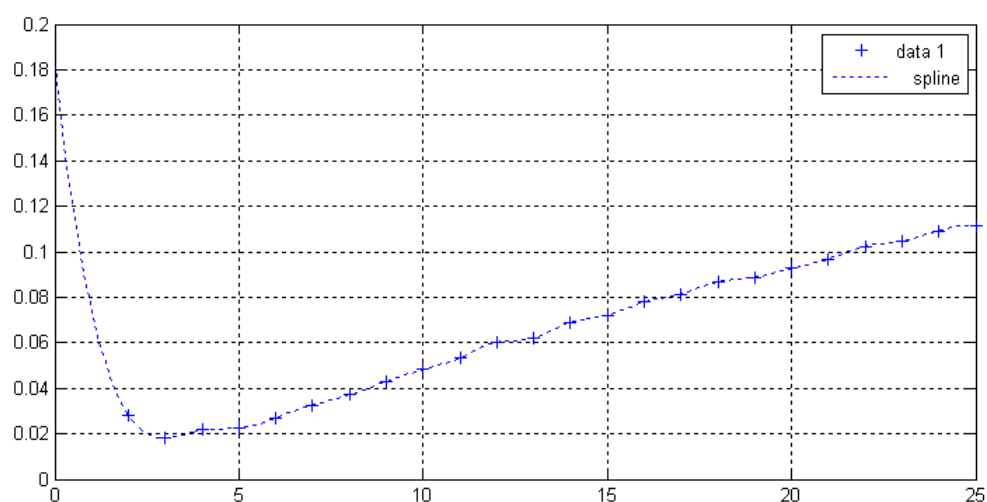


Рис. 1. График уравнивания регрессии на фоне зависимости среднего арифметического ошибки аутентификации (y) от количества интервалов (x)

Было проведено тестирование. В процессе тестирования программы на 60 процентах сформированной базы подписей (более 1350 подписей, 7 пользователей) производилось обучение, затем на 20 процентах проводилась оптимизация по подбору порога принятия решения для каждого из пользователей, после чего на оставшихся 20 процентах производилось распознавание. Каждый раз обучающая и распознаваемая выборки формировались случайным образом. Программа была выполнена 100 раз, область значений параметров разбивалась на 3 интервала. Результаты представлены в таблице.

#### Результаты работы программы при количестве интервалов, равном 2

Минимальное количество ошибок, %	Максимальное количество ошибок, %	Среднее выборочное, %	Среднее квадратичное отклонение, %
0,90	2,69	1,81	0,45

Таким образом, средняя вероятность ошибки равна 0,0181.

Кроме того, была создана программа, реализующая алгоритм аутентификации на базе нейронной сети, и начаты работы по согласованию работы классификатора Байеса и нейронной сети. Реализовано разбиение примеров, аналогичное классификатору Байеса, для сравнимости получаемых результатов. В настоящее время на основе получаемых результатов разрабатывается подход по объединению классификатора Байеса и нейронной сети с целью повышения точности идентификации.

**Заключение.** В ходе выполнения первого этапа исследования были получены следующие результаты:

1. Реализован наивный классификатор Байеса, установлен средний процент отторжения классификатором санкционированных пользователей.
2. Рассчитаны значения количества ошибок при разных делениях областей значений параметров и обоснован выбор количества интервалов.
2. Начаты работы с нейронной сетью, сравнения результатов работы нейронной сети и классификатора Байеса на одинаковых выборках.

Следующим этапом исследования будет продолжение формирования базы подписей и согласования работы нейронной сети и классификатора Байеса, а также реализация собственного алгоритма нормализации, после которого ожидается снижение ошибок распознавания санкционированных пользователей наивным классификатором Байеса.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части государственного задания ТУСУРа на 2015 г. (проект № 3657).

#### Литература

1. Субботин С.В., Большаков Д.Ю. Применение байесовского классификатора для распознавания классов целей // Журнал радиоэлектроники. 2006. № 4.
2. McCallum A. and Nigam K. A Comparison of Event Models for Naive Bayes Text Classification // AAAI / ICML-98 Workshop on Learning for Text Categorization. Technical Report WS-98-05. AAAI Press. 1998. P. 41–48.
3. Дорошенко Т.Ю., Костюченко Е.Ю. Система аутентификации на основе динамики рукописной подписи // Доклады ТУСУРа. 2014. № 2 (32). С. 219–223.

УДК 372.862,681.5

#### **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ, ПРОВЕРКИ И ОЦЕНИВАНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА» Д.И. Игнатьева, Е.О. Кривоносов, М.Д. Томышев, Е.Ю. Костюченко**

Описаны основные принципы и структура разрабатываемого программного обеспечения. Описан принцип разделения задачи на этапы. Предложена методика проверки решения задачи с учетом погрешности округления и вычисления, а также возможности нахождения вычислительной ошибки. Описан метод оценивания решения путем поэтапной проверки и оценки задачи.

**Ключевые слова:** проверка самостоятельных работ, база данных задач, теория вероятностей и математическая статистика, автоматизация оценивания.

**Задача разработки программного обеспечения автоматизированной разработки и проверки работ по математическим дисциплинам.** В связи с возрастающими потребностями и интересом к техническим специальностям студентов на таких специальностях, а соответственно и изучающих математические дисциплины становится все больше. Одной из основных математических дисциплин является теория вероятностей и математическая статистика, для успешного изучения которой необходимо довольно больше количество практических работ и соответственно и самостоятельных работ для проверки знаний студентов, а также своевременного мониторинга возникающих проблем с усвоением материала. Поэтому и актуальна разработка программного обеспечения, которое позволит не только автоматизировать процесс создания самостоятельных работ, но и упростить процесс проверки и оценивания работ.

**Постановка задачи.** Разработка программного обеспечения подразумевает под собой разработку базы данных, содержащей в себе основные типовые задачи дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика» при подготовке студентов по специальностям группы «Информационная безопасность»:

10.03.01 – информационная безопасность; 10.05.02 – информационная безопасность телекоммуникационных систем; 10.05.03 – информационная безопасность автоматизированных систем; 10.05.04 – информационно-аналитические системы безопасности; 38.05.01 – экономическая безопасность, а также программы, позволяющей работать с базой данных. Каждая задача дисциплины имеет определенный набор входных данных, в зависимости от задачи один или более набор выходных данных и может быть разбита на этапы, как зависимые, так и не зависимые друг от друга. В разрабатываемой базе данных находятся входные данные, перечислены этапы с указанием функции, вычисляемой на этапе, результаты этапа, а также словесное описание задачи и название темы для упрощения работы с базой данных и облегчения ориентации в большом объеме данных. Программа включает в себя описание используемых функций и выполняет все вычисления, представляет собой интерфейс для работы с базы данных и выполняет одну из вышеперечисленных поставленных задач разрабатываемого программного обеспечения, а именно проверку и оценку решения задачи, предоставленного студентам. Программа имеет модульную структуру, соответственно включая в себя модуль создания и редактирования задач и модуль проверки и оценивания.

**Модуль создания и редактирования задач.** Как уже упоминалось выше, задача имеет входные и выходные данные, а также разбита на этапы решения. Например, задача о нахождении выборочного среднего и дисперсии в качестве набора входных данных имеет выборку ненулевого объема, в качестве выходных данных – значение выборочного среднего и выборочной дисперсии, а само решение задачи, известно [1], разбивается на два зависимых этапа: нахождение выборочного среднего (1), и нахождение выборочной дисперсии по формуле (2), в которой используется значение выборочного среднего:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l [(x_i \times n_i)], \quad (1)$$

где  $\bar{x}$  – выборочное среднее;  $n$  – количество элементов выборки;  $l$  – количество различных элементов выборки;  $x_i$  – значение элемента выборки;  $n_i$  – количество элементов выборки, равных  $x_i$ .

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l (x_i - \bar{x}) \times n_i, \quad (2)$$

где  $D$  – значение выборочной дисперсии.

В соответствии с вышеописанным модуль создания новой задачи содержит в себе следующие этапы: описание входных данных и описание этапов решения задачи.

#### 1. Описание входных данных.

Входные данные задачи представляют собой набор параметров, необходимых для решения задачи. Количественные значения могут быть определены как пользователем программы, так и заданы случайным образом в определенном пользователем интервале.

#### 2. Описание этапов решения задачи.

Решение каждой задачи даже при решении ее неавтоматизированным путем осуществляется путем некоего алгоритма, причем каждый шаг алгоритма представляет собой некоторые вычисления по формуле. Шаги алгоритма могут быть как независимые, т.е. результат одного шага не влияет и не участвует в вычислениях другого шага, так и зависимые, т.е. в качестве входных параметров мы ис-

пользуем результат шага алгоритма, выполненного раньше. Каждый этап решения описывается одной функцией, уже описанной в коде программы. Добавление функций осуществляется только путем изменения кода, на вход которой подается набор данных из набора входных данных и/или результатов предыдущих этапов. Разбиение задачи на этапы решения зависит от выбора человека, использующего программу, а также от функций, описанных ранее или добавляемых в код программы.

**Модуль проверки и оценки правильности решения задачи.** Модуль проверки представляет собой сравнение результатов этапов, взятых из базы данных в качестве правильных, и результатов соответствующих этапов, полученных студентом в процессе решения задачи. Если эти два результата совпадают, то этот этап отмечается как решенный правильно. Естественно, результаты сравниваются с некоторой погрешностью для учета возможных небольших ошибок округления и вычисления как программы, так и студента. При правильном решении всех этапов задача считается полностью решенной и оценивается в максимальное количество баллов, выставяемое за задачу.

Так как этапы в задаче разбиваются по принципу «один этап – одна функция», то далеко не всегда можно говорить о равнозначности указанных этапов, в связи с чем в процессе проверки необходимо указывать вклад этапа в общее решение задачи. В соответствии с элементарной логикой сумма вкладов всех этапов должна равняться единице. Вклад этапа определяется человеком, проверяющим задачи, но изначально он задан одинаковым для всех этапов, вычисленным по формуле (3), таким образом, если задача состоит из двух независимых этапов, то вклад каждого из них составляет по 0,5.

$$v_i = \frac{1}{n}, \quad (3)$$

где  $v_i$  – вклад  $i$ -го этапа,  $n$  – количество этапов задачи.

При подсчете итогового количества полученных баллов за задачу можно пользоваться двумя методиками подсчета: вычислением баллов, получаемых за каждый этап, путем умножения максимального количества баллов на вклад этапа, а затем суммирование баллов за правильно решенные этапы или же вычислением суммы вкладов правильно решенных этапов и умножением полученного числа на максимальное количество баллов. Так как в данных методиках нет принципиальных различий, в разрабатываемом программном обеспечении используется вторая методика.

Также в модуле проверки и оценки учитывается возможность вычислительной ошибки со стороны студента. Если какой-либо из этапов в результате проверки отображается как решенный неправильно и все зависимые от него, соответственно тоже, т.е. возможность того, что при подсчете результатов этапа могла появиться вычислительная ошибка, но при этом все используемые формулы и метод решения задачи являются правильными. В этом случае программа берет полученное студентом значение результата этапа и подставляет его в дальнейшие вычисления, таким образом заменяя в дальнейшем функции, где результат данного этапа является входным параметром, значение переменной, тем самым проверяя дальнейшие вычисления на правильность. При совпадении вновь полученных результатов, этапы считаются правильно решенными, а этап, в котором была обнаружена вычислительная ошибка, считается также решенным, но количество получаемых за него баллов уменьшается вдвое. Дальнейший подсчет полу-

ченных баллов вычисляется аналогично случаю проверки задачи без учета возможности нахождения вычислительной ошибки.

**Заключение.** Разрабатываемое программное обеспечение позволяет решить следующие задачи:

1. Единая база данных типовых задач с возможностью изменения их входных параметров упрощает генерацию различных вариантов самостоятельных работ, при этом не усложняя процесс их проверки.

2. Имеется возможность оперативного изменения способа решения задач и его проверки в случаях если студент предлагает в своей работе какие-либо альтернативные методы решения.

3. Проверка и оценка решения задачи полностью автоматизированы, что исключает возможность ошибки при подсчете итоговых баллов.

4. Проверка решения задач учитывает не только минимальные погрешности вычислений и округлений, но также и возможность нахождения вычислительной ошибки в процессе решения задачи студентом.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части государственного задания ТУСУРа на 2015 г. (проект № 3657).

#### **Литература**

1. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М.: Высш. школа, 1979. 400 с.

УДК 372.862,681.5

#### **РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО ПРОВЕРКУ ЗАДАЧ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **«ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА»**

*Е.О. Кривоносов, Д.И. Игнатьева, М.Д. Томышев, Е.Ю. Костюченко*

Разработана база данных, которая хранит тексты задач по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика», их входные параметры и результаты вычислений на каждом этапе. Добавлена тестовая задача по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика», проведено тестирование взаимодействия спроектированной базы данных с приложением, осуществляющим проверку самостоятельных и контрольных работ.

**Ключевые слова:** проверка самостоятельных работ, база данных задач, теория вероятностей и математическая статистика, автоматизация оценивания.

**Проблема автоматизированной проверки задач.** С увеличением количества групп студентов и соответственно числа студентов возникла проблема нехватки времени у преподавателей на проверку домашних, самостоятельных и контрольных работ по различным дисциплинам. С целью решения данной проблемы возникла идея создания автоматизированной системы для проверки задач по различным дисциплинам. Для решения этой проблемы была разработана такая система. Разработанная система предоставляет возможности создания, редактирования или удаления любых задач. Представлена реализация задачи по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика» в этой системе. Программ-

ный комплекс используется при подготовке студентов по специальностям группы «информационная безопасность»: 10.03.01 – информационная безопасность; 10.05.02 – информационная безопасность телекоммуникационных систем; 10.05.03 – информационная безопасность автоматизированных систем; 10.05.04 – информационно-аналитические системы безопасности; 38.05.01 – экономическая безопасность.

**Постановка задачи.** На данном этапе работы разработки автоматизированной системы проверки задач стояли следующие цели:

- разработать базу данных, которая будет хранить тексты задач по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика», их входные параметры и результаты вычислений на каждом этапе;
- добавить тестовую задачу по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика», которая правильно работала бы на программном обеспечении для проверки правильности решения задач.

**Создание базы данных.** В ходе разработки автоматизированной системы проверки задач была создана база данных, в которой хранились тексты задач по дисциплине «Теория вероятности и математическая статистика», их входные параметры и результаты их решения на каждом этапе. После этого база данных была приведена к третьей нормальной форме. Данная база данных была разработана в среде разработки Microsoft SQL Server 2008 Management Studio Express.

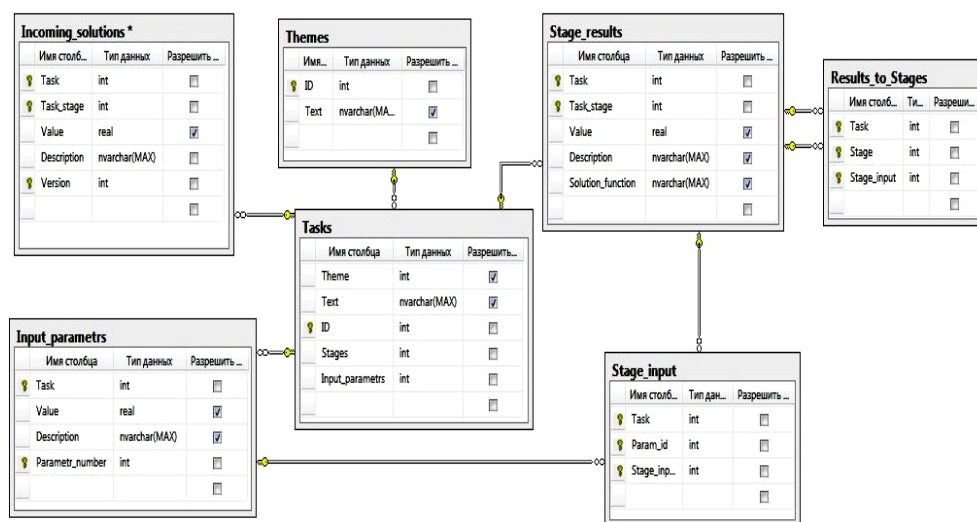


Рис. 1. Структурная схема базы данных

Таблицы:

1. Task. Хранение текста задачи, количества этапов и входных параметров.
2. Theme. Хранение названия темы задачи.
3. Input\_params. Хранение значений входных параметров и их описание.
4. Incoming\_solutions. Хранение присылаемых студентами конечных значений этапов и описание этапов, а также версии присылаемых значений.
5. Stage\_results. Хранение конечных значений этапов, их описание и используемые функции для решения этих этапов.
6. Stage\_input. Связующая таблица между стадиями и входными параметрами для связи множества ко множеству.

7. Results\_to\_Stages. Связующая таблица между стадиями и результатами для связи множества ко множеству.

**Добавление тестовой задачи.** Для работы с задачами был разработан специальный класс, содержащий функции, вычисляющие результаты промежуточных этапов задачи, список символьных имен этих функций и процедуру вызова функций по их символьному имени.

Каждая функция получает на вход массив чисел различной длины, а внутри каждой функции происходит извлечение необходимых параметров из этого массива. Производить извлечение параметров из входного массива нужно очень внимательно, так как массив представляет собой упорядоченную последовательность входных параметров задачи и результатов предыдущих этапов, это значит, что производить извлечение произвольно невозможно.

Тестовая задача, на примере которой производилась реализация, представлена на рис. 2.

Алгоритм решения задачи:

1. Из базы данных извлекаются входные параметры, состоящие из элементов выборки и их частоты.

4. Задана выборка.

2693,3	2694,3	2694,8
35	28	32

Найти коэффициент выборочное среднее, выборочное среднееквадратическое отклонение, асимметрии и эксцесс.

Рис. 2. Текст тестовой задачи

2. Для определения выборочного среднего:

- вызываются необходимые входные параметры для функции – значения вариантов и частот выборки;

- через функцию SampleMean рассчитывается значение выборочного среднего;

- результат заносится в базу данных как конечный результат первого этапа.

3. Для определения выборочного среднееквадратического отклонения:

- вызываются необходимые входные параметры для функции – значения вариантов и частот выборки;

- через функцию SampleMean рассчитывается выборочное среднее второго порядка;

- результат заносится в базу данных как конечный результат второго этапа;

- через CalculateS рассчитывается значение выборочного среднееквадратического отклонения;

- результат заносится в базу данных как конечный результат третьего этапа.

4. Для определения коэффициента асимметрии и эксцесса:

- вызываются необходимые входные параметры для функции – значения вариантов и частот выборки;

- рассчитываются значения центральных моментов второго, третьего и четвертого порядка через функцию CalculateU;

- результат заносится в базу данных как конечный результат четвертого, пятого и шестого этапа соответственно;

- через функции CalculateA определяется значения коэффициента асимметрии;

- результат заносится в базу данных как конечный результат седьмого этапа;

- через функции CalculateE определяется значения эксцесса;



– результат заносится в базу данных как конечный результат восьмого этапа.

**Заключение.** В ходе выполнения работы были выполнены все поставленные задачи:

– создана база данных, хранящая сведения о задачах (тексты задач, их входные параметры и результаты вычислений на каждом этапе);

– проведены нормализация разработанной базы данных и ее тестирование, написаны запросы для выборки интересующей информации по задачам;

– добавлена тестовая задача, проведено тестирование взаимодействия базы данных и программного модуля, предназначенного для проверки правильности решения задач.

Программное обеспечение используется на кафедре КИБЭВС для проверки самостоятельных работ по дисциплинам «Теория вероятностей и математическая статистика» и «Статистика» при подготовке студентов по специальностям группы «Информационная безопасность»: 10.03.01 – информационная безопасность, 10.05.02 – информационная безопасность телекоммуникационных систем; 10.05.03 – информационная безопасность автоматизированных систем; 10.05.04 – информационно-аналитические системы безопасности; 38.05.01 – экономическая безопасность.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части государственного задания ТУСУРа на 2015 г. (проект № 3657).

### **Литература**

1. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М.: Высш. школа, 1979. 400 с.

УДК 004.056

## **МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

***А.П. Кишнянкин***

Предложена актуальная модель системы защиты на информации на предприятии, обеспечивающая четкое и ясное представление ее структуры, состава и содержания. Разработанная модель является универсальной и имеет как учебное, так и практическое значение при решении задачи разработки системы защиты информации на предприятии.

**Ключевые слова:** система защиты информации, органы, исполнители, объект информатизации, система менеджмента информационной безопасности.

Разработка системы защиты информации на предприятии (СЗИ) является ключевой задачей системы обеспечения информационной безопасности организации [1]. Однако существующие модели СЗИ в недостаточной мере четко и ясно формируют представление о ее структуре, составе и содержании, что создает серьезную проблематику обеспечения информационной безопасности на предприятии. В связи с этим в целях повышения эффективности обеспечения информационной безопасности организации очевидна постановка задачи о разработке модели системы защиты информации на предприятии.

В общем случае система защиты информации определяется как совокупность органов и (или) исполнителей, используемой ими техники защиты инфор-

мации, а также объектов защиты информации, организованная и функционирующая по правилам и нормам, установленным соответствующими документами в области защиты информации [2].

Это позволяет представить концепт модели СЗИ (рис. 1).

Предложенная модель является обобщенной, поэтому требует уточнения и актуализации в задачах разработки СЗИ на предприятии.

Содержательная основа составляющей «Органы» определяется в соответствии с п. 11 доктрины информационной безопасности РФ [3]. Однако в модели СЗИ на предприятии в основном локализуется уровнем региональных подразделений ФСТЭК РФ, ФСБ РФ, Роскомнадзора, взаимодействующих с предприятием органов по аттестации объектов информатизации (ОИ) и аудиторских фирм, головной организацией предприятия.

В качестве составляющей «Исполнители» представляется обоснованным определить руководителя предприятия и службу информационной безопасности организации, которая определена в соответствии с п. 3.4.5 ГОСТ Р 53114–2008 [4] как организационно-техническая структура системы менеджмента информационной безопасности организации, реализующая решение определенной задачи, направленной на противодействие угрозам информационной безопасности организации.

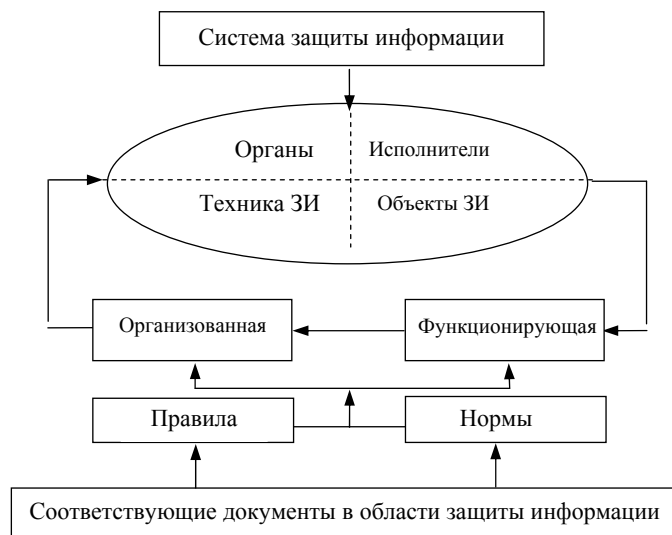


Рис. 1. Концепт модели системы защиты информации

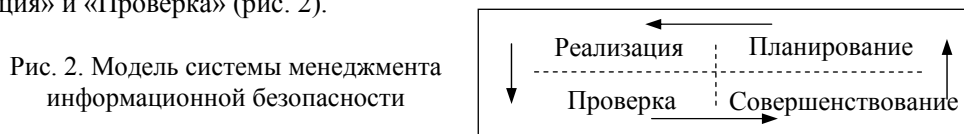
Составляющая «Техника защиты информации» в соответствии с п. 2.7.1 ГОСТ Р 50922–2006 [2] определена как средства защиты информации, в том числе средства физической защиты информации, криптографические средства защиты информации, средства контроля эффективности защиты информации, средства и системы управления, предназначенные для обеспечения защиты информации.

В качестве «Объектов защиты информации» в соответствии с ранее предложенной моделью объекта защиты информации [5] определены объекты информатизации предприятия (ОИ).

Более детальный анализ СЗИ позволяет сделать обоснованный вывод о том, что совокупность составляющих «Организованная» и «Функционирующая» со-

ставляют систему менеджмента информационной безопасности (СМИБ) предприятия. За основу СМИБ приняты основные положения раздела 8 Стандарта банка России СТО ИББС-1.0–2014, а также циклическая модель Деминга [7], которая представлена совокупностью четырех групп взаимосвязанных процессов.

Модель СМИБ представляется достаточно понятной, однако при разработке СЗИ на предприятии требует уточнения содержания групп процессов «Реализация» и «Проверка» (рис. 2).



За основу группы процессов «Реализация» приняты модель защиты информации [6] и понятие организации защиты информации, которая осуществляется по совокупности и взаимосвязи всех видов и направлений защиты информации. Такой подход представлен на рис. 3.

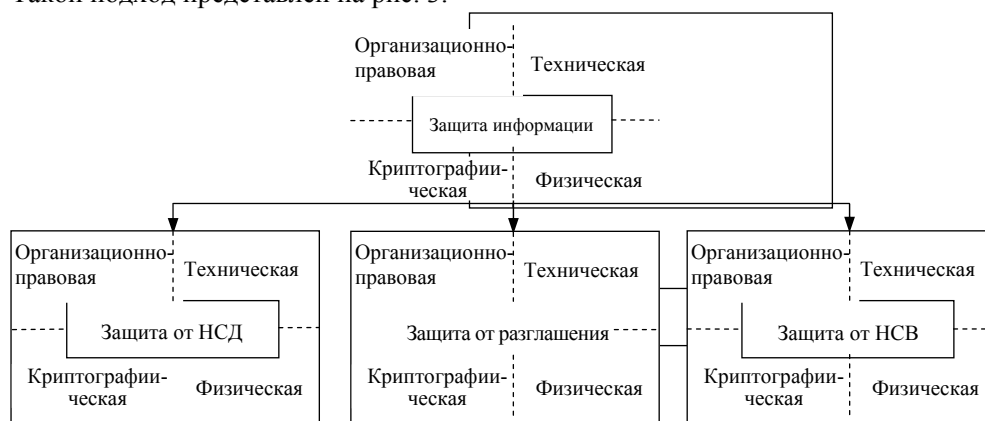


Рис. 3. Модель реализации защиты информации

Основу группы процессов «Проверка» составляет комплекс организационно-технических мер, включающий ведомственный, вневедомственный контроль и аудит на основе совокупности экспертно-документального, расчетно-инструментального контроля, а также путем санкционированного взлома СЗИ (в том числе пентестинга). При этом предусматривается проведение контроля в плановом и внеплановом порядке. Очевидно, что проведение контроля осуществляют структуры, отмеченные выше в подразделе «Органы» (не исключая проверки со стороны органов более высокого уровня).

Это позволяет представить модель группы процессов «Проверка» (рис. 4).

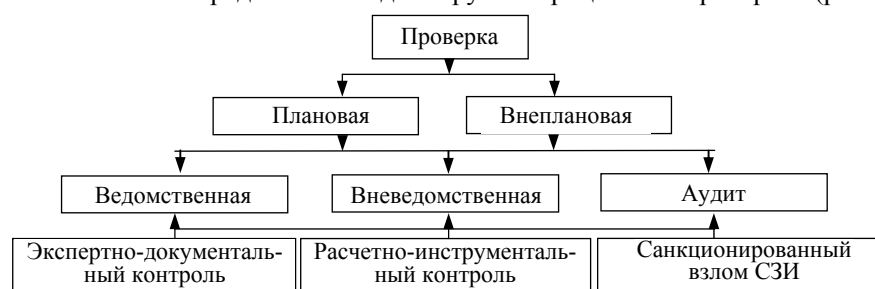


Рис. 4. Модель группы процессов «Проверка»

На основе изложенного **модель СЗИ на предприятии** можно представить на рис. 5.

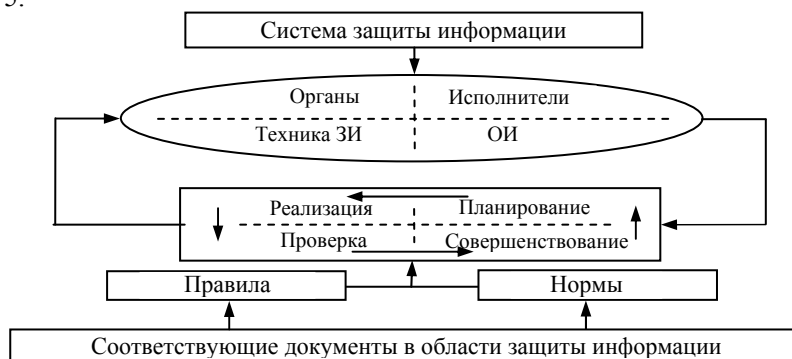


Рис. 5. Модель СЗИ на предприятии

### Заключение

1. Разработанная модель решает поставленную задачу исследования.
2. Модель позволяет сформировать четкое и реальное представление состава и содержания СЗИ на предприятии и будет способствовать повышению эффективности обеспечения информационной безопасности организации.
3. Модель СЗИ имеет практическое значение, так как апробирована в учебном процессе и при выполнении выпускных квалификационных работ студентов ТУСУРа по информационной безопасности и может использоваться для разработки СЗИ на предприятии.

### Литература

1. Загородников А.А., Козлов С.В. Модель системы обеспечения информационной безопасности организации // Всероссийская научно-техническая конференция «Научная сессия ТУСУР–2015» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/science/events/session/2015-4.pdf>, свободный (дата обращения: 14.09.15).
2. ГОСТ Р 50922–2006. Защита информации. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/default.aspx>, свободный (дата обращения: 15.09.15).
3. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scrf.gov.ru/documents/6/5.html>, свободный (дата обращения: 15.09.15).
4. ГОСТ Р 53114–2008. Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/default.aspx>, свободный (дата обращения 16.09.15).
5. Загородников А.А., Козлов С.В. Модель объекта защиты информации // Конференция участников ГПО ТУСУР–2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gpo-conference.tusur.ru/conference/2014/themes/99/projects/571/discourses/654>, свободный (дата обращения: 15.09.15).
6. Загородников А.А., Козлов С.В. Модель защиты информации // Конференция участников ГПО ТУСУР–2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gpo-conference.tusur.ru/conference/2014/themes/99/projects/571/discourses/653>, свободный (дата обращения: 15.09.15).

7. Стандарт банка России СТО БР ИББС-1.0–2014. Обеспечение информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации. Общие положения [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.cbr.ru/credit/Gubzi\\_docs/st-10-14.pdf](http://www.cbr.ru/credit/Gubzi_docs/st-10-14.pdf), свободный (дата обращения: 25.09.15).

УДК 004.738

## **ВИРТУАЛЬНЫЙ УЧЕБНЫЙ ПОЛИГОН ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК**

*Н.А. Литаврин, И.Н. Литаврина, А.А. Лисс, Т.М. Пестунова*

Предложен виртуальный учебный полигон для формирования компетенций в области методик анализа сетевого трафика и результатов работы систем обнаружения вторжений (СОВ). Дан сравнительный анализ представленных на рынке СОВ, требования и критерии выбора такой системы для учебного полигона в условиях бюджетных ограничений, описана архитектура решения и направления реализованного лабораторного практикума.

**Ключевые слова:** система обнаружения вторжений, компьютерная атака, компьютерная безопасность, учебный полигон.

Виртуальный учебный полигон создан для поддержки образовательного процесса в части дисциплин, обеспечивающих формирование у студентов компетенций, связанных с владением методикой анализа сетевого трафика и результатов работы средств обнаружения вторжений (компьютерных атак) [1]. Особое внимание проблеме обнаружения и предотвращения компьютерных атак уделяется на государственном уровне, что отражено в Указе Президента Российской Федерации от 15.01.2013 г. № 31с «О создании государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации» и Концепции государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации, утвержденной 12 декабря 2014 г. № К 1274. Организации коммерческого сектора, решая вопросы информационной безопасности, также расширяют использование систем обнаружения и предотвращения компьютерных атак.

**Обзор рынка систем обнаружения вторжений.** Рынок СОВ развивается быстрыми темпами, и на данный момент на нем представлено большое число как отечественных, так и зарубежных продуктов. Представленные на отечественном рынке продукты имеют платную лицензию, и их производители заявляют о наличии сертификатов ФСТЭК, а некоторые – и ФСБ. На зарубежном рынке представлено гораздо большее разнообразие продуктов, большинство из них являются программно-аппаратными и имеют достаточно высокую цену, но среди зарубежных СОВ существуют продукты, имеющие открытый код и возможность бесплатного использования. Основные СОВ, представленные на рынке, приведены в табл. 1.

Для оценки стоимости продуктов использована шкала значений:

– ОД («очень дорого») – если средство стоит больше 500 000 руб.;

– Д («дорого») – если стоимость средства попадает в промежуток от 150 000 рублей до 500 000 руб.;

- С («средняя стоимость») – если стоимость от 50 000 рублей до 150 000 руб.;
- Н («недорого») – до 50 000 руб.;
- НК («некоммерческие») – если продукт распространяется бесплатно.

В табл. 1 также приняты следующие обозначения:

- для типов объектов мониторинга: С – сетевая, У – узловая, Г – гибридная;
- для типов реализации продуктов: П – программно, ПА – программно-аппаратно.

Таблица 1

### Обзор рынка СОВ

Продукт	Показатель					
	Тип объекта мониторинга	Тип реализации продукта	Кросс-платформенность	Страна-производитель	Оценка стоимости приобретения	Наличие сертификата [3, 4]
Bro	С	П	–	США	НК	–
CheckPoint	С	ПА	+	Израиль	Д	ФСТЭК
Cisco	С	ПА	+	США	ОД	ФСТЭК
FireEye EX	С	ПА	+	США	Д	–
HP TippingPoint	С	ПА	+	США	Д	ФСТЭК
IBM Proventia	С	ПА	+	США	Д	ФСТЭК
IBM RealSecureNetwork	С	П	+	США	С	–
Juniper IDP	С	ПА	–	США	Д	–
McAfee Network Security Platform	С	ПА	+	США	ОД	ФСТЭК
OSSEC	С	П	+	Япония, США	НК	–
Prelude	Г	П	+	США	НК	–
SAMHAIN	У	П	–	США	НК	–
Snort	С	П	+	США	НК	–
Stat	Г	П	+	США	НК	–
StoneGate	С	ПА	+	Финляндия	Д	ФСТЭК
Suricata	С	П	+	США	НК	–
Trend Micro Threat Management System	С	П	+	Япония, США	С	–
Tripwire	С	П	–	США	НК	–
ViPNet	С	ПА	+	Россия	Д	ФСБ
Аргус	С	ПА	–	Россия	Д	ФСБ, ФСТЭК
Детектор атак «Континент» (на базе АПКШ Континент 3.7)	С	ПА	–	Россия	Д	ФСТЭК
Рубикон	С	ПА	+	Россия	Д	ФСТЭК
Тор	С	ПА	+	Россия	Д	ФСБ
Форпост	Г	П	–	Россия	С	ФСБ, ФСТЭК

У большинства систем стоимость по введённой шкале соответствует значению Д («дорого»), их приобретение даже в единичном экземпляре сдерживается бюджетными ограничениями. Приобретение средств стоимостной категории С возможно в ограниченном количестве экземпляров (один-три). Они могут ис-

пользоваться для демонстрации и индивидуальной работы, но этого недостаточно для фронтального режима: число студентов в подгруппе не менее 9 человек, число рабочих мест в классе более 15.

С учётом сказанного выбор базовой СОВ для виртуального учебного полигона определялся следующими критериями.

1. *Экономическая целесообразность* –  $K_1$ . Стоимость продукта является принципиальным требованием, в условиях бюджетных ограничений – это свободное программное обеспечение.

2. *Тип объекта мониторинга* –  $K_2$ . Для поставленных задач необходим сетевой продукт, так как он обеспечивает большее покрытие для мониторинга и централизованное управление.

3. *Способ выявления атаки* –  $K_3$ . Система должна поддерживать сигнатурный способ выявления, а также, с учётом учебных целей, предоставлять возможность написания и ввода собственных сигнатур. К преимуществу сигнатурных СОВ можно отнести эффективное определение атак и отсутствие большого числа ложных сообщений.

4. *Кроссплатформенность* –  $K_4$ . Это критерий, который позволит установить СОВ в классах с UNIX-подобными системами, так и в ОС Windows.

5. *Хранение результатов в БД* –  $K_5$ . Данная возможность позволяет наглядно увидеть и исследовать результаты обнаружения атак.

6. *Доступность методической литературы* –  $K_6$ .

Критерии  $K_1$  и  $K_2$  являются безусловными, поэтому по  $K_3 - K_6$  оценивались только некоммерческие сетевые СОВ из табл. 1, сводный их перечень представлен в табл. 2.

Таблица 2

Некоммерческие сетевые СОВ			
Продукт	Параметр		
	Разработчик	Страна-производитель	Версия
Bro	Верн Паксон	США	2.3.2 от 16.01.2015
Stat	Калифорнийский университет в Санта-Барбаре	США	1.0 от 20.03.2013
Prelude	Ян Вандурселар, Ларен Оудот	США	0.4.2 09.04.2013
Snort	Мартин Роеж	США	2.9.7.0 от 23.11.2014
Suricata	Фонд открытой информационной безопасности	США	2.0.7 от 25.02.2015

Методом парных сравнений были определены веса для каждого из критериев с использованием шкалы относительной важности: 1 – равноценно, 3 – умеренное превосходство, 5 – существенное превосходство, 7 – значительное превосходство, 9 – очень сильное превосходство, значения 2, 4, 6, 8 рассматривались как промежуточные. На основе оценок экспертов (преподавателей профильных дисциплин и специалистов-практиков), критериям  $K_3 - K_6$  присвоены следующие веса  $w(K_i)$ :

–  $w(K_3) = 1$  (принципиально важным является наличие сигнатурного способа выявления атак);

- $w(K_5) = 0,6$  (возможность хранения результатов в БД важна для последующего анализа);
- $w(K_4) = 0,24$  (в учебных целях для начального уровня можно ограничиться одной базовой ОС);
- $w(K_6) = 0,05$  (методические указания могут быть разработаны преподавателями).

Для экспертной оценки COB по каждому критерию определены следующие шкалы. По критерию  $K_3$  шкала значений определяется возможностью встраивания собственных сигнатур:

- 0,5 – если не поддерживается разработка собственных сигнатур;
- 1,0 – если можно интегрировать собственные сигнатуры.

По  $K_4$  шкала значений определена в зависимости от возможности установки средства на основные операционные системы:

- 0,5 – если система поддерживает работу в одной из систем ОС Linux или ОС Windows;
- 1,0 – если система поддерживает работу в различных типах ОС.

По  $K_5$  шкала значений определяется возможностью системы хранить результаты в базе данных:

- 0,5 – если имеется возможность хранения результатов в БД;
- 1,0 – существуют сборки с автоматической связкой с БД.

Значение  $K_6$  выставляется экспертами субъективно в интервале от 0 до 1 в зависимости от степени доступности им качественной информационно-методической литературы.

Коэффициент  $W(P_j)$  соответствия продуктов  $P_j$  требованиям критериев вычислен по формуле:  $W(P_j) = \sum_{i=2}^6 w(K_i) a_{ij}$ , где  $a_{ij}$  – значение  $K_i$  для  $P_j$ . Значения  $a_{ij}$

указаны в соответствующих ячейках в табл. 3. По результатам анализа в качестве базы учебного полигона выбрана COB **Snort**. Хотя данный выбор в определённой степени был ожидаемым («Snort» является классическим примером COB), проведённый анализ позволил системно оценить актуальные версии потенциально альтернативных продуктов. Близкий функционал имеет разработанная на её основе COB Suricata, но она отличается более сложной системой конфигурирования при отсутствии хорошей документации.

Таблица 3

**Результаты сравнительного анализа некоммерческих сетевых COB**

Критерии $K_i$		$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	Коэффициенты соответствия продуктов требованиям $W(P_j)$
Веса критериев $w(K_i)$		1	0,24	0,6	0,05	
Продукты $P_j$						
$P_1$	Bro	0,5	0,5	0,5	0,1	0,9
$P_2$	Stat	0,5	0,5	0	0,3	0,63
$P_3$	Prelude	1	1	0,5	0,3	1,53
$P_4$	<b>Snort</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1,84</b>
$P_5$	Suricata	1	1	1	0,3	1,8

**Архитектура и реализация виртуального учебного полигона.** Учебный полигон включает три виртуальные машины на платформе виртуализации OracleVirtualBox 4.3.24. Архитектура решения представлена на рис. 2. Компонен-



ты учебного полигона устанавливаются на каждом ПК для персонального использования студентами.



Рис. 1. Архитектура виртуального учебного полигона

На первой виртуальной машине, выступающей в роли атакуемой уязвимой системы, установлена ОС LinuxUbuntu 12.04 и запущены серверы: веб, FTP, SSH, а также сервер баз данных.

Вторая виртуальная машина выполняет функции атакующей стороны. На ней установлены ОС LinuxUbuntu 12.04 с COB Snort и программное средство WireShark. Для зеркалирования сетевого трафика на слушающий сетевой интерфейс в настройках виртуальной машины включается неразборчивый режим работы сетевого интерфейса, в котором порт виртуальной машины способен принимать любые пакеты, отправляемые для других операционных систем.

Третья виртуальная машина с ОС Kali Linux используется для проведения тестирования на проникновение и аудита безопасности, она имеет ~ 300 встроенных инструментов для этих целей.

Аппаратное обеспечение учебного полигона должно иметь 4-ядерный процессор с тактовой частотой не менее 3 ГГц; ОЗУ не менее 8 Гб; свободное дисковое пространство не менее 15 Гб.

Виртуальный полигон интегрирован в экспериментальную сетевую среду учебно-исследовательской лаборатории компьютерной и сетевой безопасности [6]. Он позволяет проводить разнообразный лабораторный практикум по освоению методов анализа сетевого трафика и результатов работы COB. Базовый практикум включает развёртывание виртуального полигона, настройку конфигурационных файлов и обновление сигнатур COB Snort, разработку и ввод собственных сигнатур, моделирование и обнаружение атак перебора пары логин-пароль FTP-сервера с помощью утилиты Hydra и анализа сетевого трафика с использованием WireShark, моделирование и обнаружение атак на веб-приложения с применением Metasploit и ряд других.

### Литература

1. ФГОС ВПО по направлению подготовки 090900 – Информационная безопасность (квалификация (степень) «бакалавр») от 28 октября 2009 г. № 496.
2. Центр по лицензированию, сертификации и защите государственной тайны ФСБ России. Перечень средств защиты информации, сертифицированных ФСБ России [Электронный документ]. URL: [http://clsz.fsb.ru/files/download/svedeniya\\_po\\_sertifikatam\\_150415.doc](http://clsz.fsb.ru/files/download/svedeniya_po_sertifikatam_150415.doc)
3. Федеральная служба по техническому и экспортному контролю. Государственный реестр сертифицированных средств защиты информации NPOCC RU.001.01БИ00 [Электронный документ]. URL: <http://fstec.ru/component/attachments/download/489>.
4. Лисс А.А., Пестунова Т.М. Разработка экспериментальной сетевой среды и её безопасная интеграция в корпоративную сеть // VIII Междунар. науч.-практ. конф. «Электронные средства и системы управления», Томск, ТУСУР, 10–11 ноября 2011 г. Томск: ТУСУР, 2011. С. 201–206.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

*В.Б. Майков, К.О. Ступко, Н.Р. Стороженко*

Рассматривается применение инструментов контроля качества и модели причинно-следственных связей для составления алгоритма, оценки качества комплексной системы защиты информации.

**Ключевые слова:** оценка качества, причины, следствия, алгоритм, комплексная система защиты информации.

Комплексная система защита информации (КСЗИ) представляет совокупность систем, методов и средств, необходимых для обеспечения информационной безопасности на всех уровнях организации. Существуют стандарты и нормативные документы, которые призваны выработать набор четких критериев, указаний и рекомендаций по защите информации на различных её уровнях и компонентах для того, чтобы свести к минимуму реализации угроз на систему. Но не существует чёткого алгоритма или рекомендаций по выявлению причинно-следственных связей между угрозами, которые возникают и затрагивают все компоненты системы [2]. Есть лишь различного рода инструменты, позволяющие оценить качество компонентов или системы. То есть насколько качественно система либо её компонент функционируют и обеспечивают безопасность объекта информатизации. Можно отметить матрицы причинно-следственных связей, которые помогают связать угрозы и уязвимости, которые в совокупности порождают дестабилизирующий фактор (ДФ). Либо деревья событий, которые являются графическими моделями и отображают их протекание в ходе выполнения работ системы, или выполнение, каких-либо функций безопасности. Существуют методы оценки качества, называемые «Семь инструментов качества», которые являются методиками и техниками по сбору, обработке и представлению количественных и качественных данных какого-либо объекта, процесса, системы. На рис. 1 выделены те инструменты и графические модели, которые будут составлять единый алгоритм, а также упорядочены по применению.

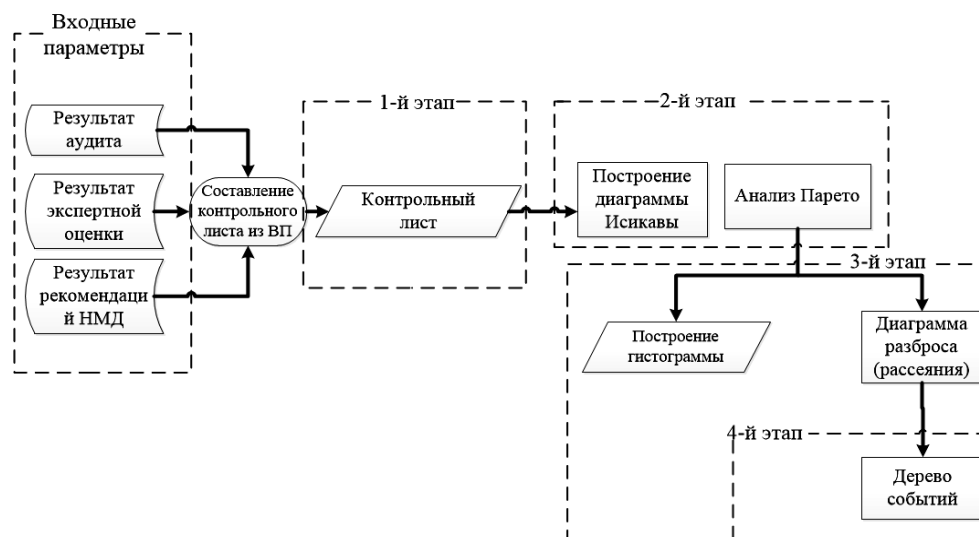


Рис. 1. Схема системы оценок

Первым этапом применения алгоритма является составление контрольного листа, это данные, которые возможно получить в ходе проведения аудита КСЗИ, т.е. все возможные угрозы на систему. Либо как результат анализа рисков. Контрольный лист – инструмент для сбора данных и их упорядочения для облегчения использования собранной информации. Контрольный лист составляется на основе составляющих уровней процесса, ранее определенного как комплексная система защиты информации. Контрольный лист имеет вид таблицы и четыре основные колонны, в которых определены: составляющие КСЗИ, угрозы на каждый компонент, эталон составляющего компонента, его реальное состояние и отклонение реального состояния компонента от эталона.

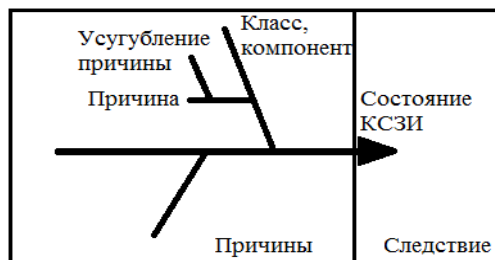


Рис. 2. Причинно-следственная диаграмма Исикавы

На втором этапе после сбора данных строится диаграмма Исикавы.

Причинно-следственная диаграмма Исикавы – инструмент, который позволяет выявить наиболее существенные факторы (причины), влияющие на конечный результат (следствие) [5] (рис. 2).

Для упрощения задачи построения модели воздействия ДФ на КСЗИ предлагается на основе качественного анализа относительно полного

множества ДФ осуществить его декомпозицию на счетное количество однородных подмножеств. Таким образом, данный список дестабилизирующих факторов можно перегруппировать по уровням средств защиты. Систему, для которой построена диаграмма, можно считать замкнутой, таким образом, все множество причин можно обозначить за единицу и подсчитать частоту встречаемости каждой причины. Далее можно определить вероятность каждой причины и получить в относительных единицах степень влияния дестабилизирующих факторов на КСЗИ. Тогда частота встречаемости (ДФ) может быть вычислена по формуле

$$v_i = n_i / \sum_{i=1}^k n_i, \quad (1)$$

где  $k$  – множество дестабилизирующих факторов;  $n_i$  – количество встречаемости  $i$ -го дестабилизирующего фактора в диаграмме Исикавы.

На основе диаграммы Исикавы нужно построить характеристическую диаграмму Парето (рис. 3). Анализ (диаграмма) Парето – инструмент, позволяющий объективно представить и выявить основные факторы, влияющие на исследуемую проблему, и распределить усилия для ее решения. Принцип Парето гласит, что 20% причин порождает 80% следствий. На основе данных, которые можно получить согласно формуле (1), строится диаграмма Парето.

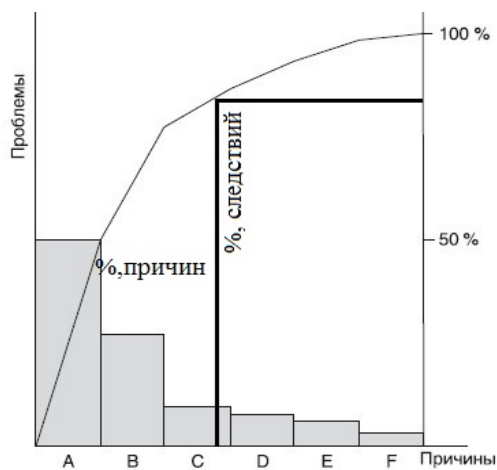


Рис. 3. Диаграмма Парето

Как видно из рис. 3, диаграмма разбивается на группы А, В, С и т.д. Эти группы составляют проблемы, и причины, которые вызывают определенный процент следствий.

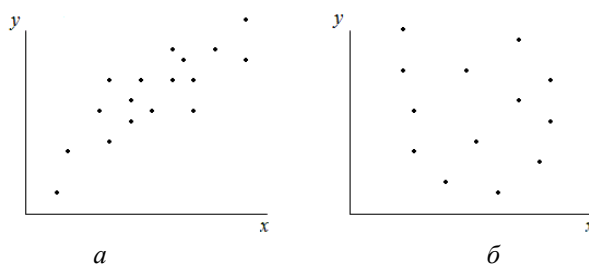
Необходимо в первую очередь жестко контролировать появление ДФ, которые относятся к группе А. Из диаграммы Парето можно увидеть, какие из дестабилизирующих факторов должны быть устранены в первую очередь, т.е. проблемы, которые оказывают 50% причин [3].

Третий этап – распределение статистических данных, полученных ранее по группам. Гистограмма – инструмент, позволяющий зрительно оценить распределение статистических данных, сгруппированных по частоте попадания данных в определенный (заранее заданный) интервал. Но построение гистограммы не всегда дает нужный результат, а лишь подтверждает частоту попадания ДФ в определенный интервал. Поэтому возможно на третьем этапе переходить к построению диаграмм разброса, которые покажут тесноту связи ДФ из различных компонентов КСЗИ.

Для того чтобы определить тесноту связи ДФ, необходимо установить наличие и характер связи между случайными величинами, одна из которых представляет собой параметр отклонения реального состояния компонента КСЗИ от эталона, а другая – параметр частоты появления дестабилизирующих факторов на компонент.

Диаграмма разброса – инструмент, позволяющий определить вид и тесноту связи двух рассматриваемых параметров процесса. Диаграмма разброса представляет собой график, получаемый путем нанесения в определенном масштабе экспериментальных, полученных в результате наблюдений точек (рис. 4). Координаты точек соответствуют значениям рассматриваемой величины и влияющего на него фактора [4].

Рис. 4. Диаграммы разброса:  
а – сильная положительная корреляция    б – отсутствие корреляции



В некоторых случаях вывод, полученный на основе визуального анализа диаграмм рассеяния, бывает достаточным для принятия решений о проведении нужных мероприятий. Но иногда желательно получить количественную оценку тесноты или силы связи между случайными величинами. Необходим более подробный анализ и просмотр тесноты связей. После оценки корреляционной зависимости строится и определяется линия регрессии, которая определяется по экспериментальным точкам.

Существуют различные методы оценки степени корреляционной зависимости. Одним из них является метод вычисления коэффициента корреляции  $r$  по формуле [4]

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x^2 \times S_y^2}}, \quad (2)$$

где  $x$  – значение частоты появления ДФ;  $y$  – значение отклонения;  $S_{xy}$  – ковариация величин  $x$  и  $y$ ;  $S_x^2$ ,  $S_y^2$  – выборочные дисперсии величин  $x$  и  $y$ .

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \times \sum_{i=1}^n y_i, \quad (3)$$

$$S_x^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2, \quad (4)$$

$$S_y^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2. \quad (5)$$

Коэффициент корреляции может варьироваться от  $-1$  до  $+1$ , и если значение близко к  $0$ , то это значит, что между двумя рассматриваемыми величинами связь отсутствует. Если значение коэффициента близко к  $+1$ , между величинами имеется тесная положительная корреляция: при увеличении одной из них увеличивается и другая. Если же коэффициент корреляции близок к  $-1$ , между величинами имеется отрицательная корреляционная связь.

Как видно из рис. 1, конечным этапом применения системы оценок является построение дерева событий. Дерево событий используется для определения и анализа последовательности, т.е. вариантов развития дестабилизирующих факторов, которые определены на 2-м этапе применения системы.

И, таким образом, после применения данного алгоритма возможно установить основные угрозы, влияющие на систему защиты, а также, установив связь и тесноту связи между определенными угрозами, распределить усилия для их минимизации и снизить риск их реализации.

### Литература

1. Данилова О.Т., Толстых Е.Н. Анализ комплексной системы информационной безопасности с применением инструментов качества и метода динамического программирования // XIII Междунар. науч.-практ. конф. «Информационная безопасность–2013». Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. С. 54–59.
2. Шубин А.Н. Оценка свойств информационных систем в стандартах по информационной безопасности // Изв. ТулГУ: Технические науки. Тула. 2013. С. 336–343.
3. Серов М.Е. Современные принципы управления качеством как синтез восточного и западного подходов // Надежность и контроль качества. 1998. № 4. С. 24–29.
4. Барабанова О.А., Васильев В.А., Одинокоев С.А. Семь инструментов контроля качества. М.: ИЦ «Мати». РГТУ им. Циолковского. 2001. 79 с.
5. Ishikawa Kaoru (1990); (Translator: J.H. Loftus); Introduction to Quality Control; 448 p.; ISBN 4-906224-61-X OCLC 61341428.

УДК 004.912; 004.8

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НАСТРОЕНИЯ ЛЮДЕЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

*М.В. Мейта, В.В. Шиповской, А.С. Романов*

Приведен обзор различных современных методов анализа тональности текстовых сообщений, предложены методы и инструменты для использования в

дальнейшей разработке системы мониторинга настроения людей в социальных сетях с целью предотвращения массовых беспорядков и экстремизма.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, анализ тональности текста, социальные сети, классификатор.

**Задача определения настроения людей в социальных сетях.** В современном мире набрали огромную популярность такие средства массовой коммуникации, как социальные сети. Подобные информационные площадки являются мощным инструментом маркетинговых, социальных и иных исследований. Также социальные сети становятся источниками распространения экстремизма, социальной, расовой, национальной и религиозной ненависти и вражды, активно используются запрещенными группировками для вербовки новых последователей радикальных течений. В связи с этим возникает необходимость отслеживания и возможного урегулирования настроений людей в социальных сетях с целью предотвращения массовых беспорядков, экстремизма, нарушений конституционных прав граждан, защиты национальных интересов страны. Данная задача может быть осуществлена при помощи программного комплекса, включающего в себя инструменты для анализа тональности текста сообщений и их классификации по эмоциональной окраске. Данная статья представляет собой обзор наиболее актуальных научных разработок в области семантического анализа тональности текстовых сообщений для того, чтобы выбрать наиболее подходящую существующую систему для ее применения при разработке собственной системы, а также краткое описание разрабатываемой системы.

**Сентимент-анализ и методы классификации высказываний.** «Sentiment analysis (анализ тональности) – это область компьютерной лингвистики, которая занимается изучением мнений и эмоций в текстовых документах. Целью анализа тональности является нахождение мнений в тексте и определение их свойств. В зависимости от поставленной задачи нас могут интересовать разные свойства, например: автор – кому принадлежит это мнение, тема – о чем говорится во мнении, тональность – позиция автора относительно упомянутой темы (обычно «положительная» или «отрицательная»)» [1].

Любые высказывания условно можно разделить на факты и мнения. Фактом назовем нейтральное высказывание, не несущее в себе характерных эмоций. Под мнением же будем понимать эмоционально окрашенное высказывание, наиболее интересное в контексте данной работы. Одной из задач системы семантического анализа текстовых сообщений является выявление фактов и мнений для дальнейшей их классификации. Как правило, в социальных сетях не требуется определение автора и темы текста, так что задача анализа текста сводится к нахождению мнений и определению их тональности.

Под аспектным термином понимается совокупность слов или выражений (набор целевых аспектов), обозначающих важную характеристику объекта. Аспектно-ориентированный анализ – это классификация аспектных терминов по тональности и обобщенным категориям (позитивная, негативная, нейтральная и т.д.) [2].

Классификация высказываний по эмоциональной окраске может быть проведена различными способами. Количество классов, на которые делят тональность, обычно задается из спецификации системы, т.е. зависит от целей, преследуемых при ее создании.

Чтобы разбить конечное множество высказываний на подмножества, соответствующие какому-либо определенному классу, необходимо построить алгоритм классификации произвольных объектов заданного множества высказываний. В машинном обучении задача решается, как правило, с помощью методов искусственных нейронных сетей при постановке эксперимента в виде обучения с учителем. Среди классификаторов широко используются также метод опорных векторов (SVM, support vector machine [3]) и наивный байесовский классификатор [4]. Существуют и другие способы: обучение без учителя, подходы, основанные на словарях или на правилах. Они имеют ряд недостатков и преимуществ, однако обычно используются для решения другого рода задач, но вполне могут комбинироваться с методами машинного обучения.

Неотъемлемой частью создания подобного рода системы является наличие данных для обучения и заранее определенная тема исследований для проведения единовременного анализа. Выбор алгоритмов классификации, набора исследуемых признаков, методов обработки полученной информации и форма входных данных определяются самими разработчиками и заинтересованными лицами. Важную роль играет также скорость анализа данных, так как их объем обычно очень велик и нередко достигает нескольких терабайтов.

**Обзор современных разработок в области семантического анализа.** Результаты анализа некоторых разработок, предназначенных для определения тональности текста, приведены в таблице.

**Результаты анализа систем для определения тональности текста**

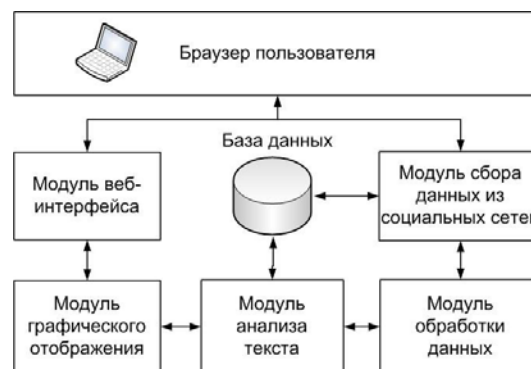
Название системы	Авторы, институт или компания	Возможности системы	Язык анализируемых текстов
Brand Analytics [5]	Компания «Brand Analytics»	Сбор метаданных, их автоматический анализ, отчеты и визуализация данных, категоризация сообщений, экспорт данных и др.	Русский
Tone Analyzer [6]	Компания «IBM»	Аспектно-ориентированный анализ эмоционального (Emotional tone) и социального тона текста (Social tone) и характера письма (Writing tone)	Английский
SentiRuEval [2]	Участники конференции по компьютерной лингвистике «Диалог»	Аспектно-ориентированный анализ отзывов о ресторанах и автомобилях, анализ их тональности и классификация по обобщенным категориям (позитивные, негативные и т.д.)	Русский
NBoW [7]	Компания «Meanotek»	Классификация предложений с помощью нейронных сетей без предварительной обработки с точностью 68%	Русский
ReviewDot [8]	Компания «ReviewDot»	Автоматическое сканирование интернет-сайтов, создание базы товаров с отзывами, выделение важных аспектов для категорий товаров, поиск и подбор товаров по естественным запросам с использованием извлеченной из отзывов информации и др.	Русский
Стенфордская нейросеть [9]	Stanford University	Определение тональности текста с точностью 85%	Английский
Anyreports [10]	Компания «Anyreports»	Сбор и преобразование данных из источников в Интернете и подготовка аналитических отчетов	Русский

Как видно из таблицы, большинство рассмотренных программных продуктов ориентированы на анализ русскоязычных текстов. Однако коммерческие системы для семантического анализа англоязычных текстов остаются преобладающими в этом направлении. К нерешенным проблемам в контексте рассматриваемой темы мониторинга настроений людей в социальных сетях можно также отнести следующие:

1. Выявление стилевых маркеров в текстах различной тональности, а также лексических, синтаксических, семантических особенностей текстов разной эмоциональной окраски для дальнейшего аспектно-ориентированного анализа.
2. Создание корпуса текстов, отражающего настроения людей разных полов, возрастных групп, в зависимости от уровня образования и т.д.
3. Исследование современных методов классификации больших объемов данных.
4. Проведение исследований по классификации текстов по тональности.
5. Формирование обобщенной модели влияния эмоциональной составляющей на авторский стиль коротких электронных сообщений.
6. Разработка системы мониторинга настроения людей в социальных сетях.

**Система мониторинга настроения людей в социальных сетях.** Обобщенная структура исследовательского программного комплекса представлена на рис. 1.

Рис. 1. Обобщенная структура разрабатываемого программного комплекса



На данном этапе разработки система мониторинга настроения людей в социальных сетях представляет собой веб-интерфейс, написанный на программной платформе Django [11], и способна осуществлять поиск твитов по определенному ключевому слову с последующим сохранением их в базу данных. После чего данные обрабатываются специальным модулем текстового анализа, который выделяет из текста аспектные термины и другую информацию, характерную для разных эмоций. С помощью модуля графического отображения информация выводится в виде аналитических диаграмм в веб-интерфейс пользователя. В качестве классификатора планируется использовать метод опорных векторов, показавший хорошие результаты при решении смежных задач анализа текста: определения авторства текста и пола автора, идентификации поискового спама [1, 12].

С программным кодом можно ознакомиться в свободном доступе, перейдя по ссылке [13].

**Заключение.** В результате проведенного исследования были рассмотрены современные разработки в области анализа тональности текстов, выявлены актуальность и важность решения подобного рода задач в самых разных областях. В рамках рассматриваемой темы ведется разработка программного комплекса, который позволит автоматизировать процесс сбора и анализа текстовых данных из различных социальных сетей с целью определения тональности конкретных сообщений.



## Литература

1. Обучаем компьютер чувствам (sentiment analysis по-русски). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/149605>, свободный (дата обращения: 12.09.2015).
2. Лукашевич Н.В. SentiRuEval: тестирование систем анализа тональности текстов на русском языке по отношению к заданному объекту / Н.В. Лукашевич, П.Д. Блинов, Е.В. Котельников и др. // Компьютерная лингвистика. М., 2015. 13 с.
3. Романов А.С., Мещеряков Р.В. Идентификация авторства коротких текстов методами машинного обучения // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: матер. ежегод. междунар. конф. «Диалог» (Бекасово, 26–30 мая 2010 г.). М.: Изд-во РГГУ, 2010. Вып. 9 (16). С. 407–413.
4. Дуда Р. Распознавание образов и анализ сцен. / Р. Дуда, П. Харт; пер. с англ. Г.Г. Вайштейн, А.М. Васьковский, под ред. В.Л. Стефанюка. М.: Мир, 1976. 509 с.
5. Brand Analytics [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://br-analytics.ru/about/>, свободный (дата обращения: 12.09.2015).
6. Tone Analyzer [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tone-analyzer-demo.mybluemix.net/>, свободный (дата обращения: 12.09.2015).
7. Meanotek [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meanotek.ru/>, свободный (дата обращения: 12.09.2015).
8. ReviewDot [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://reviewdot.ru/formarkets.html>, свободный (дата обращения: 12.09.2015).
9. The Stanford Natural Language Processing Group [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nlp.stanford.edu/software/corenlp.shtml>, свободный (дата обращения: 12.09.2015).
10. Anyreports [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.anyreports.ru/>, свободный (дата обращения: 12.09.2015).
11. Django official website [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.djangoproject.com>, свободный (дата обращения: 12.09.2015).
12. Романов А.С., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. Разработка и исследование математических моделей, методик и программных средств информационных процессов при идентификации автора текста. Томск: В-Спектр, 2011. 188 с.
13. Social network analysis [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://github.com/MarinaMeyta/social\\_network\\_analysys](https://github.com/MarinaMeyta/social_network_analysys), свободный (дата обращения: 12.09.2015).

УДК 65.011.56

### **МЕХАНИЗМ ЗАЩИЩЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВА СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С СЕРВЕРОМ СБОРА ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

*Д.С. Никифоров*

Предложен протокол взаимодействия сервера сбора данных (ССД) с устройством сбора и передачи данных (УСПД) в автоматизированной системе коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ), обеспечивающий безопасную работу системы при её эксплуатации в сфере ЖКХ.

**Ключевые слова:** АСКУЭ, протокол, связь, сервер, TCP/IP, сеть.

**Автоматизированная система коммерческого учета.** Автоматизированная система коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) – это программно-аппаратный комплекс, предназначенный для сбора, хранения и обработки информации о потреблении энергоресурсов на объекте.

Аппаратная часть представлена устройствами учета (УУ), устройствами сбора и передачи данных (УСПД), а также центральным сервером (ЦС).

Программная часть включает в себя прошивки УУ и УСПД, ПО для ЦС.

ПО ЦС предназначено для сбора показаний с точек учета энергоресурсов, а также архивирования, хранения, анализа и визуализации полученных данных, формирования отчетов. Под показаниями подразумеваются данные о потребляемой мощности электроэнергии потребителями однофазных и трехфазных сетей.

Областью применения ПО ЦС являются объекты жилого, коммерческого и производственного назначения.

ССД обслуживает низкоуровневое взаимодействие с УСПД. После получения данных этот блок передает информацию модульной системе драйверов. Система драйверов осуществляет взаимодействие на верхнем уровне модели OSI. За счет модульности обеспечивается расширение парка поддерживаемого оборудования. Также ССД содержит систему управления сетью и взаимодействия с базой данных: он осуществляет контроль работоспособности сети, выполняет отбраковку данных, отвечает за принятие решений о повторном запросе на сбор данных, классифицирует информацию, обеспечивает контроль единого времени и осуществляет запись информации в базу данных.

Устройство сбора и передачи данных является промежуточным звеном между устройствами учета и сервером сбора данных. Оно предназначено для непосредственного управления устройствами учета, их опроса, настройки и диагностики. Всю информацию от устройств учета и о их состоянии ССД получает от УСПД.

**Постановка задачи.** Разработать механизм взаимодействия ССД с УСПД в АСКУЭ, обеспечивающий безопасную работу автоматизированной системы в сфере ЖКХ.

Данная задача возникла при попытке внедрить систему учета энергоресурсов в ЖКХ. В прошлом подобные системы использовались только на предприятиях, ввиду чего информационной безопасности не уделялось внимания. При внедрении в ЖКХ необходимо решить ряд проблем, в том числе и проблем, связанных с ИБ [4].

**Проблемы информационной безопасности.** При внедрении системы в сферу ЖКХ необходимо решить ряд проблем [6]. Необходимо выбрать каналы передачи данных между частями системы и обеспечить целостность, надежность и достоверности передаваемой информации.

Для связи частей системы принято решение использовать сеть Интернет, так как это позволит использовать существующие линии связи, а не прокладывать новую инфраструктуру. Но при таком подходе необходимо обеспечить должный уровень контроля за информационными потоками, так как система будет находиться в общедоступной сети.

**Предлагаемое решение.** Большинство приборов учета (или УСПД) поддерживают протокол передачи данных ТСР/IP, ввиду чего использование данного протокола на транспортном уровне является целесообразным, так как в отличие от других протоколов передачи данных ТСР/IP имеет следующие преимущества:

- скорость разработки и цена разработки;

- использование в сетях Интернет;
- более простой (простая поддержка);
- обеспечивает контроль целостности передаваемых данных;
- возможность обеспечить программную поддержку новых устройств через модульную систему драйверов.

TCP (англ. Transmission Control Protocol, протокол управления передачей) – один из основных протоколов передачи данных Интернета, предназначенный для управления передачей данных в сетях и подсетях TCP/IP [1].

Для обеспечения защищенного соединения необходимо использовать технологии построения виртуальных каналов.

Технология построения защищенного соединения в открытых сетях также позволит решить проблему конфиденциальности передаваемых данных благодаря тому, что весь передаваемый трафик передается в зашифрованном виде. Примером таких технологий является технология VPN. VPN (англ. Virtual Private Network – виртуальная частная сеть [2]) – обобщенное название технологий, позволяющих обеспечить одно или несколько сетевых соединений (логическую сеть) поверх другой сети (например, Интернет). Несмотря на то, что коммуникации осуществляются по сетям с меньшим или неизвестным уровнем доверия (например, по публичным сетям), уровень доверия к построенной логической сети не зависит от уровня доверия к базовым сетям благодаря использованию средств криптографии (шифрования, аутентификации, инфраструктуры открытых ключей, средств для защиты от повторов и изменений передаваемых по логической сети сообщений).

Также для решения данной задачи возможно использование технологии SSH. SSH (англ. Secure Shell – «безопасная оболочка» [3]) – сетевой протокол прикладного уровня, позволяющий производить удаленное управление операционной системой и туннелирование TCP-соединений (например, для передачи файлов). Схож по функциональности с протоколами Telnet и rlogin, но, в отличие от них, шифрует весь трафик, включая и передаваемые пароли. SSH допускает выбор различных алгоритмов шифрования. SSH-клиенты и SSH-серверы доступны для большинства сетевых операционных систем.

Тогда последовательность действий при запросе данных от ССД к УСПД имеет следующий вид:

- установление соединения между ССД и УСПД;
- отправка идентификационных данных ССД на УСПД;
- отправка запроса на получение данных от УСПД;
- получение данных от УСПД;
- завершение соединения.

Функциональная схема данного процесса [5] представлена на рис. 1.

Использование технологий построения виртуальных частных каналов позволяет защититься от угроз:

- внедрение ложного объекта сети;
- анализ сетевого трафика;
- подмена доверенного объекта;
- навязывание ложного маршрута;
- выведывание паролей.

При использовании ssh в качестве средства построения защищенного канала угрозы внедрения ложного объекта закрываются, так как на всех доверенных уст-

ройствах будут находиться секретные ключи ssh, уникальные для каждого устройства. Анализ трафика также не приносит результатов из-за шифрования. Подмена доверенного объекта исключена из-за проверки секретного ключа операционных систем. Данный ключ генерируется при установке операционной системы и проверяется при каждом подключении по ssh. Если при подключении является изменение ключа, то соединение не устанавливается и появляется предупреждение. Навязывание ложного маршрута является бессмысленным ввиду шифрования трафика, как и выведывание паролей.

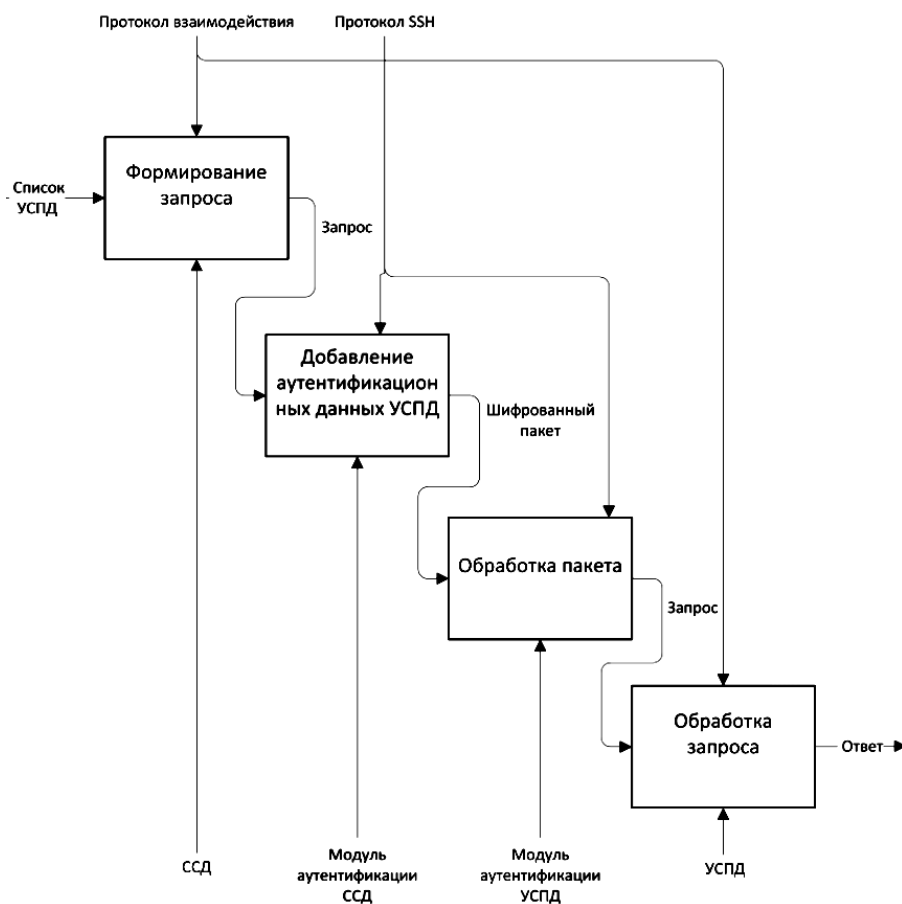


Рис. 1. Запрос данных с УСПД

**Заключение.** Данное решение позволит использовать систему учета энергоресурсов в сфере ЖКХ без прокладки линий связи. Механизм взаимодействия УСПД с ССД обеспечит безопасную передачу данных между частями системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по контракту № 02.G25.31.0107 от 14 августа 2014 г.

### Литература

1. Дуглас Камер. Сети TCP/IP. Принципы, протоколы и структура. М.: Вильямс, 2003.
2. Иванов М.А. Криптографические методы защиты информации в компьютерных системах и сетях. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2001.

3. Кофлер М. Linux. Установка, настройка, администрирование. СПб.: Питер. 2014.
4. Новохрестов А.К., Конев А.А. Оценка качества защищенности компьютерных сетей // Динамика систем, механизмов и машин. 2014. № 4. С. 85–87.
5. Конев А.А., Давыдова Е.М. Подход к описанию структуры системы защиты информации // Доклады ТУСУРа. 2013. Т. 28, № 2. С. 107–111.
6. Никифоров Д.С. Механизм взаимодействия сервера сбора данных с устройством сбора и передачи данных в системе коммерческого учета электроэнергии // Научная сессия ТУСУРа–2015: в 5 т. Томск: В-Спектр, 2015. Т. 4. С. 170–171.

УДК 004.056

## **МНОГОУРОВНЕВАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АТРИБУТИВНЫХ МЕТАГРАФОВ**

*А.К. Новохрестов, А.А. Конев*

Предложена модель, описывающая локальные вычислительные сети с помощью атрибутивных метаграфов.

**Ключевые слова:** оценка защищенности, модель информационной системы, компьютерная сеть, метаграф.

Проблема оценки защищенности информационных систем. В настоящее время существует необходимость оценки качества как существующих, так и разрабатываемых систем защиты. Под качеством защищенности системы от угроз информационной безопасности подразумевается показатель возможности средств защиты информации нейтрализовать угрозы информационной системе и обрабатываемой в ней информации. Проблема заключается в том, что формализованная методика для объективной оценки качества защищенности информационных систем отсутствует, и результат оценки во многом зависит от субъективного мнения и профессионального уровня эксперта [1].

**Постановка задачи.** При создании формализованной методики оценки качества защищенности информационных систем необходимо опираться на несколько моделей [2, 3]:

- модель информационной системы;
- модель системы защиты информационной системы;
- модель угроз информации, информационной системе и средствам защиты информации.

В настоящей статье рассматривается модель информационной системы (компьютерной сети) на основе атрибутивного метаграфа.

**Модель информационной системы на основе атрибутивного метаграфа.** На сегодняшний день практически любая информационная система состоит из нескольких рабочих станций, объединенных в локальную вычислительную сеть (ЛВС). На каждой рабочей станции в локальной сети установлена операционная система (ОС). Каждая операционная система в свою очередь включает в себя множество программного обеспечения (ПО). Модель информационной системы основана на подходе, описанном в [2].

Согласно модели OSI данные между объектами сети на разных уровнях передаются в соответствии с работающими на них протоколами.

Прикладной, представительский и сеансовый уровни OSI ориентированы на работу с ПО, следовательно, связи между ПО будут описаны с помощью протоколов, работающих на перечисленных уровнях OSI. Но следует отметить, что не всегда используемые в ПО протоколы строго соответствуют модели OSI, и зачастую функции сеансового и представительского уровней объединены с прикладным. Протоколы транспортного уровня реализуются программными средствами конечных узлов сети – компонентами ОС, соответственно связи между ОС будут описаны с помощью протоколов, работающих на транспортном уровне OSI. Связи между ЛВС осуществляют маршрутизаторы с помощью протоколов, работающих на сетевом уровне OSI, соответственно связи между ЛВС будут описаны с помощью протоколов, работающих на данном уровне OSI. Так как рассматривается информационная система в виртуальной среде, то канальный и физический уровни модели OSI затрагиваться не будут по той причине, что они отвечают за взаимодействие объектов в физической среде.

Информационная система представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов. Система является составным элементом для систем более высокого уровня, а ее элементы выступают в роли систем более низкого уровня [4]. Метаграф содержит и согласует между собой два основных свойства системы: единство (совокупность взаимосвязанных элементов) и делимость (каждый элемент системы – тоже система). В связи с этим из системы можно выделить подсистемы, что позволяет в определенной ситуации сосредоточить внимание на системе или ее подсистеме.

В работах [5, 6], в которых введено и используется данное понятие, метаграф представляет собой обобщение обычных графов и гиперграфов. В работе [5] вводится понятие метаграфа вложенности  $n$ , а в [6] – понятие атрибутивного метаграфа, в котором каждой вершине и ребру может быть приписано произвольное число атрибутов – числовых, строковых и др.

В работе описание информационной системы (компьютерной сети) будет производиться с помощью структуры атрибутивного метаграфа вложенности 3, построенной на основе работ [5, 6].

Атрибутивный метаграф вложенности 3 представляется как упорядоченная шестерка:

$$G = (X_1, X_2, X_3, E_1, E_2, E_3),$$

где  $G$  – атрибутивный метаграф вложенности 3;  $X_1 = \{x_1^k, k = \overline{1, q}\}$  – множество ПО;  $X_2 = \{x_2^l, l = \overline{1, r}\}$  – множество ОС,  $x_2^l \subset X_1$ ;  $X_3 = \{x_3^m, m = \overline{1, s}\}$  – множество ЛВС,  $x_3^m \subset X_2$ ;  $E_1 = \{e_1^n, n = \overline{1, t}\}$  – множество связей между ПО, определенных на множестве  $X_1$ ;  $E_2 = \{e_2^o, o = \overline{1, u}\}$  – множество связей между ОС, определенных на множестве  $X_2$ ;  $E_3 = \{e_3^p, p = \overline{1, v}\}$  – множество связей между ЛВС, определенных на множестве  $X_3$ .

Причем существуют функции:

$$f_1^w: q_1^w(x_1^k, e_2^n) \rightarrow x_2^l,$$

где  $x_1^k$  – элемент из множества ПО;  $e_2^n$  – элемент из множества связей между ПО;  $x_2^l$  – элемент из множества ОС.

$$f_2^y: q_2^y(x_2^l, e_2^o) \rightarrow x_3^m,$$

где  $x_2^l$  – элемент из множества ПО;  $e_2^o$  – элемент из множества связей между ПО;  $x_3^m$  – элемент из множества ОС.

Вершина характеризуется множеством атрибутов:

$$x_i^b = \{atr_a\},$$

где  $i=\overline{1,3}$  – уровень вложенности вершины;  $b$  – номер вершины на соответствующем уровне  $i$ ;  $atr_a$  – атрибуты вершины (числовые, строковые и др.).

Ребро характеризуется множеством атрибутов:

$$e_j^h = (x_i^c, x_i^d) = \{atr_z\},$$

где  $x_i^c$  – исходная вершина ребра;  $x_i^d$  – конечная вершина ребра;  $j=\overline{1,3}$  – уровень вложенности ребра;  $atr_z$  – атрибуты вершины (числовые, строковые и др.);  $c, d$  – номера вершин на соответствующем уровне  $i$ ;  $h$  – номер ребра на соответствующем уровне  $j$ .

В таблице представлены возможные атрибуты для элементов рассматриваемых множеств.

**Атрибуты для элементов множеств**

Элементы множеств	Атрибуты
Элемент множества $X_1$ (множество ПО)	1. Название ПО. 2. Номер версии ПО. 3. Номер порта, который использует ПО
Элемент множества $X_2$ (множество ОС)	1. Название ОС. 2. Номер версии ОС. 3. IP-адрес, который использует ОС
Элемент множества $X_3$ (множество ЛВС)	1. Название сети. 2. Протоколы, работающие внутри сети (сетевого уровня модели OSI). 3. Таблица маршрутизации. 4. IP-адрес и маска сети
Элемент множества $E_1$ (множество связей между ПО)	Протоколы прикладного (сеансового, представления) уровня модели OSI
Элемент множества $E_2$ (множество связей между ОС)	Протоколы транспортного уровня модели OSI
Элемент множества $E_3$ (множество связей между ЛВС)	Протоколы сетевого уровня модели OSI

Также вводится правило, что связь между двумя элементами на  $i$ -м уровне существует тогда и только тогда, когда связь существует между всеми элементами, находящимися на более высоких уровнях, которым принадлежат объекты  $i$ -го уровня. Это означает, что программное обеспечение, находящееся на разных операционных системах, связано между собой только в том случае, если соответствующие операционные системы также связаны между собой.

Также операционные системы, находящиеся в разных локальных вычислительных сетях, могут быть связаны между собой только при условии того, что соответствующие локальные вычислительные сети связаны между собой.

Другими словами, взаимодействие между двумя элементами на  $i$ -м уровне существует тогда и только тогда, когда связь существует на всех уровнях взаимодействия объектов в виртуальной среде модели OSI. Для удобства формирования связей между объектами начинается со связи объектов 1-го уровня и выше, т.е. сначала формируются связи между ПО, затем между ОС и только потом между ЛВС.

Далее приведен пример описания локальной сети (рис. 1) с помощью предложенной модели.

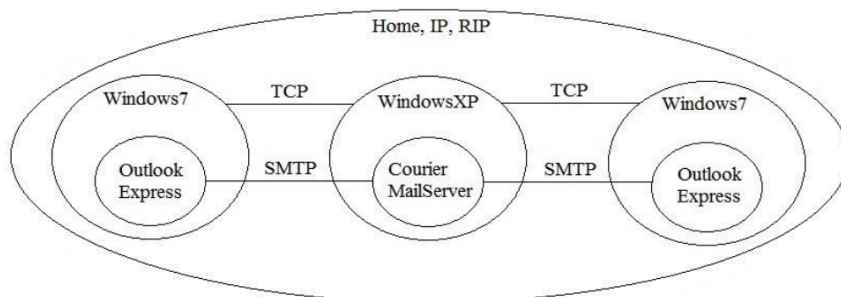


Рис. 1. Взаимодействие между программным обеспечением в рамках различных операционных систем

В данном примере атрибутом для элементов множества ПО будет являться название ПО. Атрибутами для элементов множества ОС будут являться название и версия ОС. В свою очередь атрибутами для элемента множества ЛВС будут выступать имя сети, название сетевого протокола и название протокола маршрутизации. Атрибутом для элементов множества связей между ПО будет название протокола на прикладном уровне OSI, а для элементов множества связей между ОС – название протокола транспортного уровня OSI.

Множества, описанные в модели, принимают следующий вид:

$$X_1 = \{ \text{"OutlookExpress"}_1^1, \text{OutlookExpress}_1^2, \text{CourierMailServer}_1^3 \};$$

$$X_2 = \{ \text{Windows7}_2^1, \text{Windows7}_2^2, \text{WindowsXP}_2^3 \};$$

$$X_3 = \{ \text{"Home, IP, RIP"}_3^1 \};$$

$$E_1 = \{ \text{"SMTP"}_1^1, \text{"SMTP"}_1^2 \};$$

$$E_2 = \{ \text{"TCR"}_2^1, \text{"TCR"}_2^2 \}.$$

Существуют функции, показывающие включение программ в операционные системы, а также операционных систем и связей между ними в локальную сеть:

$$f_1^1 : q_1^1 (\text{"OutlookExpress"}_1^1) \rightarrow \text{Windows7}_2^1;$$

$$f_1^2 : q_1^2 \text{OutlookExpress}_1^2 \rightarrow \text{Windows7}_2^2;$$

$$f_1^3 : q_1^3 (\text{CourierMailServer}_1^3) \rightarrow \text{WindowsXP}_2^3;$$

$$f_2^1 : q_2^1 (\text{"Windows7"}_2^1, \text{"Windows7"}_2^2, \text{"WindowsXP"}_2^3; \text{"TCR"}_2^1, \text{"TCR"}_2^2) \rightarrow \text{Home, IP, RIP}_3^1.$$



**Заключение.** В ходе работы была построена многоуровневая модель информационной системы с помощью структуры атрибутивного метаграфа вложенности 3. Взаимодействие между объектами в разработанной модели информационной системы было описано, опираясь на правила взаимодействия объектов в эталонной модели OSI.

Описанная модель используется как часть методики оценки качества защищенности компьютерных сетей.

#### **Литература**

1. Новохрестов А.К., Конев А.А. Оценка качества защищенности компьютерных сетей // Динамика систем, механизмов и машин. 2014. № 4. С. 85–87.
2. Конев А.А., Давыдова Е.М. Подход к описанию структуры системы защиты информации // Доклады ТУСУРа. 2013. Т. 28, № 2. С. 107–111.
3. Конев А.А. Подход к построению модели угроз защищаемой информации // Доклады ТУСУРа. 2012. Т. 25, №1. С. 34–39.
4. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 343 с.
5. Астанин С.В., Драгныш Н.В., Жуковская Н.К. Вложенные метаграфы как модели сложных объектов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1434>, свободный (дата обращения: 20.09.2015).
6. Basu A., Blanning R. Metagraphs and their applications. Springer, 2007. 174 p.

УДК 004.934.8'1

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМАНТ И МЕЛ-КЕПСТРАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ В КАЧЕСТВЕ ВЕКТОРА ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО ГОЛОСУ**

*И.А. Рахманенко*

Рассматриваются актуальность, ключевые преимущества и недостатки методов идентификации диктора по голосу. Обозначаются преимущества использования формант как характеристик, используемых для голосовой идентификации. Рассматривается схема получения мел-кепстральных коэффициентов. Описывается модель гауссовой смеси, используемой в данной работе. В качестве вектора характеристик используется 4 форманты и 13 мел-кепстральных коэффициентов. Приводятся методика эксперимента, описание речевого корпуса, содержащего речевые сигналы 50 дикторов.

**Ключевые слова:** речевой сигнал, идентификация диктора, гауссовы смеси, форманты, мел-кепстральные коэффициенты.

Идентификация диктора по голосу является одной из нерешенных проблем в научном сообществе в настоящее время. Существуют методы идентификации, точность которых достаточно велика, порядка 90–95% [1], однако нельзя сказать, что данная точность является удовлетворительной для современных систем аутентификации. Несмотря на ряд недостатков, таких как подверженность голоса изменениям с течением времени, изменение голоса при некоторых болезнях, влиянию окружающей обстановки, идентификация по голосу считается достаточно перспективным направлением биометрической аутентификации. Ключевые преимущества применения голосовой идентификации – легкость в приме-

нии, пользователю не нужно запоминать пароль, возможна удаленная аутентификация посредством телефонного звонка, т.к. голос можно передать по телефону. Однако эти преимущества не стоят внимания, если точность идентификации такой системы будет мала, соответственно встает вопрос о повышении точности голосовой идентификации.

Существуют модели, работающие эффективно в «лабораторных» условиях, но теряющие эффективность при низком соотношении сигнал–шум. Влияние окружающей диктора обстановки нельзя недооценивать, так как повышенный внешний шум может значительно снизить точность идентификации. Позволить снизить влияние окружающей обстановки позволяет тщательный выбор подходящих речевых признаков.

Выбор признаков, используемых для голосовой идентификации, является ключевым моментом при создании таких систем. Влияние признаков, оказываемое на точность системы, нельзя недооценивать, так как ими должна оцениваться индивидуальность голоса. Таким образом, была поставлена задача выявления эффективных характеристик, позволяющих повысить точность распознавания системы голосовой идентификации.

Индивидуальность акустических характеристик голоса определяется тремя факторами: механикой колебаний голосовых складок, анатомией речевого тракта и системой управления артикуляцией [1].

Для вычисления характеристик голоса используют спектр речи. Несмотря на то, что в спектре речи нет характеристик, четко позволяющих различать дикторов, было показано, что его можно эффективно использовать при решении задач идентификации по голосу [2]. Это происходит благодаря тому, что спектр отражает структуру речевого тракта человека, которая является основным физиологическим фактором, позволяющим различать голоса.

**Вектор характеристик.** В [3] наиболее важными характеристиками голоса считаются формантные частоты. В частности, четвертая форманта практически не зависит от типа фонемы и характеризует тракт [4]. Формантами называют области спектральных максимумов. Таких областей может быть несколько, обозначаются они  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  и т.д. Появление нескольких резонансных областей в самом первом приближении объясняется тем, что речевой тракт состоит из системы резонансных полостей [5]. Форманты можно выделить только для вокализованных звуков, соответственно для идентификации необходимо отобрать только речь с вокализованными звуками. Рассмотрим спектр слова «шевеля» (рис. 1). На нем четко видны области концентрации энергии, которые и называются формантами.

В данной работе в качестве признаков речи, также как и во многих других работах по идентификации диктора, используется метод мел-кепстрального преобразования спектра речевых сигналов (метод впервые предложен в [6]). Мел-кепстральные коэффициенты сокращенно обозначаются как MFCC – Mel Frequency Cepstral Coefficients. Схема этого метода такова: на интервале времени в 10–20 мс вычисляется текущий спектр мощности, а затем применяется обратное преобразование Фурье от логарифма этого спектра (кепстр), и находятся коэффициенты кепстра [1]. В системах голосовой идентификации используют от 10 до 30 коэффициентов. Часто используются первые и вторые разности по времени кепстральных коэффициентов, что втрое увеличивает размерность пространства принятия решений, но улучшает эффективность распознавания диктора [7].

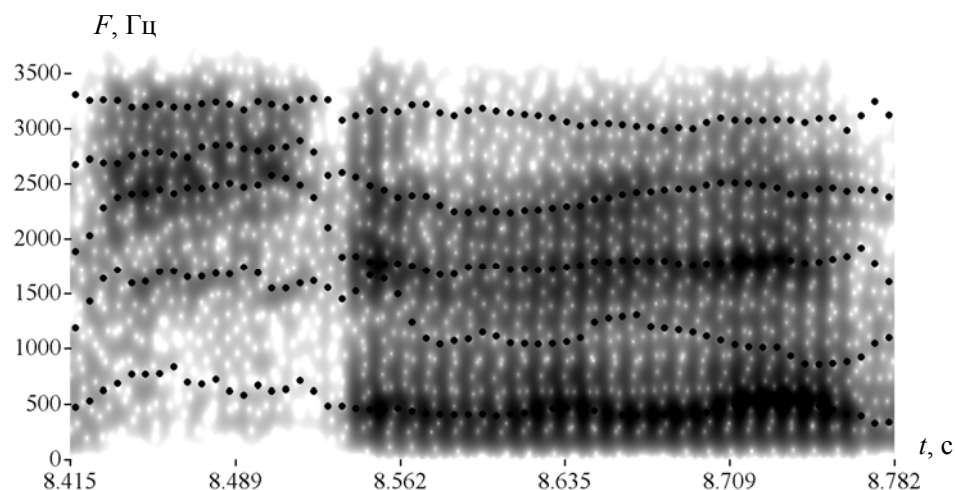


Рис. 1. Отображение формант в спектре слова «шевеля»

Рассмотрим общую схему получения мел-кепстральных коэффициентов (рис. 2). В представленной системе для вычисления мел-кепстральных коэффициентов использовались окна Хэмминга длиной 20 мс, смещение окон – 10 мс. После этого применялось дискретное преобразование Фурье.



Рис. 2. Схема получения мел-кепстральных коэффициентов

Затем производился переход к шкале мел, вычисление которой, зная обычную частоту, можно представить формулой (1). Данная шкала является линейной в области низких частот, а после 1000 Гц становится логарифмической. В процессе перехода весь спектр разделяется на несколько частей и вычисляется энергия в каждой из этих частей (на рис. 3 по оси абсцисс откладывается частота (Гц), по оси ординат – коэффициент фильтрации). Этот переход производится для повышения точности системы голосовой идентификации, т.к. человеческий слух также не является одинаково чувствительным к разным полосам частот. Затем производится вычисление кепстра – вычисляется обратное преобразование Фурье от десятичного логарифма прямого преобразования Фурье:

$$f_{\text{мел}} = 1125 \ln \left( 1 + \frac{f}{700} \right). \quad (1)$$

Всего было использовано по 13 признаков на каждое окно речевого сигнала, куда входят 12 первых мел-кепстральных коэффициентов и энергия сигнала. Энергия вычисляется как сумма мощностей отдельных частей сигнала в заданном окне. Не использовались первая и вторые разности кепстральных коэффици-

ентов и энергии сигнала, т.к. при их добавлении к пространству признаков снижалась точность идентификации.

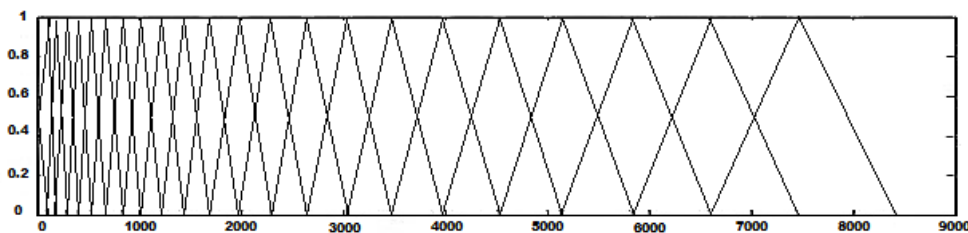


Рис. 3. Переход к шкале мел и наборы фильтров речевого сигнала

Одним из несомненных преимуществ использования кепстральных коэффициентов является простота их вычисления, однако данные характеристики не позволяют четко выделить различия между спектром голоса внутри мел-фильтра. Таким образом, для устранения этого недостатка был сформирован вектор характеристик, включающий в себя 4 форманты, и 13 мел-кепстральных коэффициентов, итого 17 характеристик.

**Модель гауссовой смеси.** В данной работе для идентификации диктора применяется гауссова смесь. Гауссова смесь является взвешенной суммой из  $M$  плотностей вероятности, может быть представлена формулой (2), где  $\vec{x}$  –  $D$ -мерный вектор случайных величин,  $D$  – размерность пространства признаков;  $b_i(\vec{x})$ ,  $i = 1, \dots, M$  – функции плотности распределения составляющих модели и  $p_i$ ,  $i = 1, \dots, M$  – веса компонентов смеси. Целиком модель гауссовой смеси можно описать множеством векторов математического ожидания  $\vec{\mu}_i$ , ковариационных матриц  $\Sigma_i$  и весов смесей каждого компонента модели  $p_i$ . Эти параметры записываются в виде нотации:  $\lambda = \{p_i, \vec{\mu}_i, \Sigma_i\}$ ,  $i = 1, \dots, M$ . Для задачи идентификации диктора каждый из них представляется своей гауссовой смесью и соответствующей ей моделью  $\lambda$  [8]:

$$p(x|\lambda) = \sum_{i=1}^M p_i b_i(\vec{x}). \quad (2)$$

Для проведения эксперимента был выбран речевой корпус, содержащий речевые сигналы 50 дикторов, по 25 человек мужского и женского пола. Данные речевые сигналы представляют собой записи произнесенных без предварительной подготовки предложений, взятых из художественной литературы или переговоров [9]. Суммарная длина речевого материала для каждого из дикторов, представленных в данном речевом корпусе, составляет не менее 5 мин. Записи были произведены с частотой дискретизации 8000 Гц, разрядность 16 бит.

При проведении эксперимента проводилась 10-кратная валидация последовательным случайным сэмплированием. В каждой из итераций речевой материал разбивался случайным образом на обучающую и контрольную выборки. Были использованы 3 различные длины обучающей выборки, составляющие 30, 60 и 90 с для каждого диктора. Весь речевой материал, оставшийся незадействованным в обучении модели диктора, был задействован в тестировании. Длина одного тестового речевого образца 10 с.

В случае совпадения номеров диктора, которому принадлежал тестовый речевой образец, и диктора, распознанного в результате работы программы, данный речевой образец считается распознанным правильно. Финальная оценка кор-

ректности распознавания диктора рассчитывается как отношение числа правильно распознанных образцов к общему числу тестовых образцов. Результаты проведения эксперимента с использованием только гауссовой смеси оцениваются по количеству элементов в гауссовой смеси –  $N$  и длительности обучающей выборки –  $T_{\text{обуч}}$ .

**Заключение.** Точность системы идентификации, основанной на использовании мел-кепстральных коэффициентов и гауссовой смеси на выбранном речевом корпусе, составляет более 95%. Использование формант позволяет увеличить точность идентификации. Такой показатель соответствует уровню современных систем идентификации, однако для практического применения следует увеличить точность идентификации, проведя дальнейшие исследования.

### Литература

1. Сорокин В.Н., Вьюгин В.В., Тананыкин А.А. Распознавание личности по голосу: аналитический обзор // Информационные процессы. 2012. Т. 12, № 1. С. 1–30.
2. Atal B. Automatic recognition of speakers from their voices // Proc. IEEE. 1976. Vol. 64. P. 460–475.
3. Lavner Y., Gath I., Rosenhouse J. The effects of acoustic modifications on the identification of familiar voices speaking isolated vowels // Speech Communication. 2000. Vol. 30. P. 9–26.
4. Acoustic roles of the laryngeal cavity in vocal tract resonance / H. Takemoto, S. Adachi, T. Kitamura, P. Mokhtari, K. Honda // Journal Acoustic Society of America. 2006. Vol. 120. P. 2228–2239.
5. Сапожков М.А. Речевой сигнал в кибернетике и связи. М.: Государственное изд-во по вопросам связи и литературы, 1963. 453 с.
6. Davis S., Mermelstein P. Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences // IEEE Trans. Acoustics, Speech, Signal Process. 1980. Vol. 28, № 4. P. 357–366.
7. Zhang Sh.-X, Mak M.-W. A new adaptation approach to high-level speaker-model creation in speaker verification // Speech Communication. 2009. Vol. 51. P. 534–550.
8. Reynolds D., Rose R. Robust text-independent speaker identification using Gaussian mixture speaker models // IEEE Trans. on speech and audio processing. 1995. Vol. 3, № 1. P. 72–83.
9. Хлебников В.С., Черных Д.В. Создание речевого корпуса для систем автоматического распознавания речи // IV Междунар. студенческая науч.-практ. конф. «Интеллектуальный потенциал XXI века: степени познания». 2006. Ч. 2.

УДК 372.862,681.5

### **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО ПРОВЕРКУ ЗАДАЧ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА»**

***М.Д. Томишев, Д.И. Игнатьева, Е.О. Кривоносов, Е.Ю. Костюченко***

Разработано программное обеспечение, предоставляющее возможность добавления, изменения и удаления задач в базе данных, хранящей текст задач,

их входные параметры и результаты промежуточных вычислений. С помощью разработанной программы произведено успешное добавление тестовой задачи в базу данных и осуществлены вычисления на каждом этапе задачи.

**Ключевые слова:** проверка самостоятельных работ, база данных задач, теория вероятностей и математическая статистика, автоматизация оценивания.

**Проблема автоматизированной проверки задач.** Проблема автоматизации проверки и оценивания самостоятельных работ студентов является актуальной ввиду значительного их количества и определенных сложностей, возникающих при проверке около 200 работ несколькими преподавателями. Возникает необходимость формулировки единых объективных требований при проверке задач и отслеживания соблюдения этих требований для всех работ. Для решения данной задачи на кафедре реализуется программный комплекс для автоматизации проверки самостоятельных и контрольных работ. В настоящее время реализована первая версия комплекса, ведется наполнение базы данных задачами. Система используется при подготовке студентов по специальностям группы «Информационная безопасность»: 10.03.01 – информационная безопасность; 10.05.02 – информационная безопасность телекоммуникационных систем; 10.05.03 – информационная безопасность автоматизированных систем; 10.05.04 – информационно-аналитические системы безопасности; 38.05.01 – экономическая безопасность.

На данном этапе разработки системы стояли следующие цели: разработка программного обеспечения, реализующего обращение к базе данных задач, и добавление в базу данных тестовой задачи с помощью созданной задачи. Разработка программного обеспечения подразумевает разработку интерфейса программы и обработку событий взаимодействия пользователя с этим интерфейсом, что включает в себя написание программного кода обращения к базе данных, отображение результатов этих обращений и исключение ошибок, возникающих при выполнении запросов.

**Разработка интерфейса программы.** Интерфейс программы разбит на три части: главное окно, из которого осуществляется изменение основных сведений о задаче, редактор входных параметров задачи и редактор этапов вычислений в задаче.

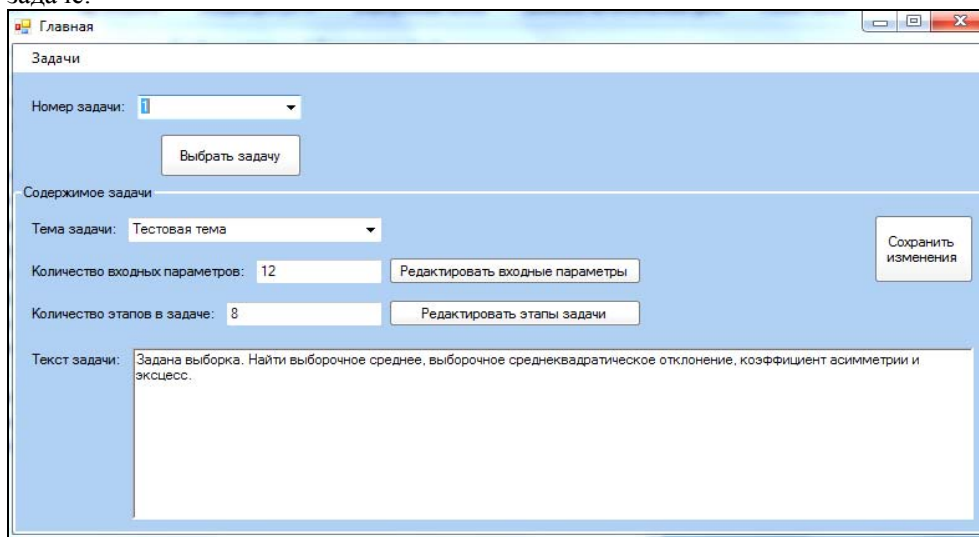


Рис. 1. Интерфейс главного окна

При создании задачи редакторы входных параметров и этапов будут вызваны автоматически и последовательно, а при редактировании задачи пользователь может вызвать эти редакторы вручную. На рис. 1 представлен интерфейс главного окна, а на рис. 2 – редактор входных параметров и этапов задачи.

**Реализация взаимодействия программы с базой данных.** Программное обеспечение разрабатывалось в среде разработки Microsoft Visual Studio 2013 на языке программирования C#. Модификация таблиц базы данных осуществляется посредством отправки базе данных SQL-запросов средствами, специально предусмотренными языком программирования C#.

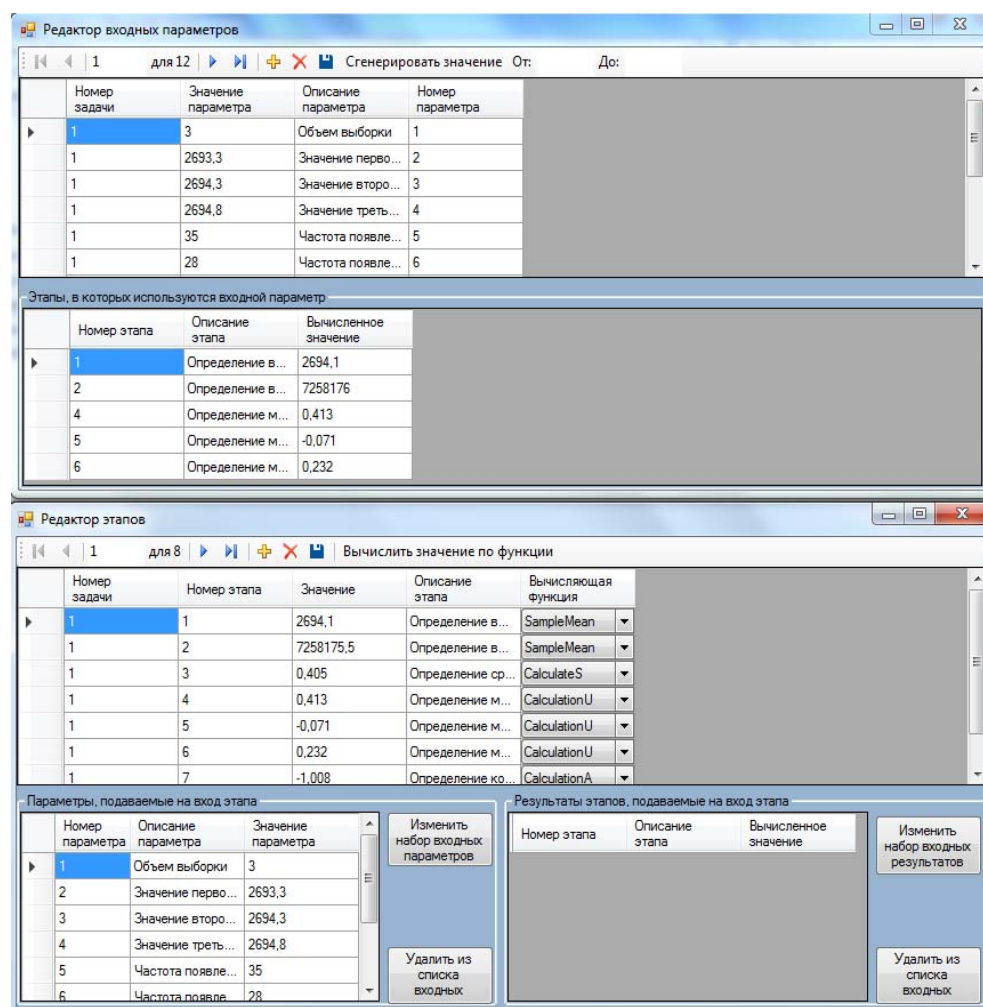


Рис. 2. Редактор входных параметров и этапов задачи

При всех обращениях к базе данных использовался один шаблон: сначала создается соединение с базой данных, затем – команда и ее текст-запрос на языке SQL. При создании текста запроса использовались SQL-переменные, что требует их добавления в команду. После создания команды производится непосредственное исполнение запроса или создается объект класса SqlDataReader, с помощью которого можно производить считывание значений из базы данных.

Для работы с основной таблицей задач были разработаны три основные функции: функция создания задачи, функция применения изменений к задаче и функция удаления задачи. При создании задачи производилась проверка адекватности введенных пользователем значений в полях формы, представленной на рис. 1, затем по представленному выше шаблону производилось формирование запроса INSERT, причем функция создания задачи производит вставку указанного пользователем числа входных параметров и этапов задачи в соответствующие таблицы. При редактировании задачи аналогично производится проверка указанных значений, а затем формирование и исполнение запроса UPDATE. При удалении задачи производится удаление из всех таблиц любых записей, связанных с указанной задачей.

Также одной из основных функций в программе является функция извлечения данных посредством запроса SELECT. Для получения сведений о задаче достаточно указать только номер задачи, затем по шаблону производится выполнение шаблона с SqlDataReader и заполнение полей главного окна полученными данными.

В редакторе входных параметров задачи считывание данных из базы данных производится аналогично, но отображаются они не в отдельных элементах формы, а в объекте DataGridView, что упрощает восприятие данных. Также в редакторе входных параметров запрос на считывание данных выполняется при перемещении курсора по таблице входных параметров, при этом из выбранной строки таблицы выбирается номер параметра (номер задачи передается при вызове формы из главного окна), а затем на основе номера задачи и номера параметра производится считывание номеров параметров, которые используют эти параметры. Так как один параметр может использоваться во множестве этапов, а каждый из этапов может получать на вход множество параметров, в базе данных связь между этими двумя таблицами производится посредством связующей таблицы (реализация связи множество к множеству). После получения номеров этапов из связующей таблицы производится считывание сведений об этапах с указанными номерами и заполнение этими данными соответствующего объекта DataGridView.

Аналогичным образом производится считывание сведений об этапах в редакторе этапов задачи и получение перечня входных параметров и результатов предыдущих вычислений по выбранному этапу. Помимо этого, в редакторе этапов задачи можно производить добавление или удаление записей в связующую таблицу, в этих процедурах используются запросы INSERT и DELETE.

В редакторе этапов задачи можно производить вычисление результата этапа по перечню входных параметров и указанной вычисляющей функции. Для этого уже описанным методом производится считывание входных параметров и результатов предыдущих вычислений, их запись в массив и передача этого массива и имени функции в процедуру вызова вычисляющих функций. Результат вызова записывается в соответствующее поле в таблице этапов задачи.

**Добавление тестовой задачи.** Для работы с задачами был разработан специальный класс, содержащий функции, вычисляющие результаты промежуточных этапов задачи, список символьных имен этих функций и процедуру вызова функций по их символьному имени.

Тестовая задача была разбита на этапы. Каждый этап представляет собой получение одного из конечных значений или одного из промежуточных значений, которое может понадобиться для получения конечного ответа. Таким образом,



каждый этап можно представить в виде отдельной функции, получающей на вход некоторый перечень входных параметров и результаты некоторых предыдущих этапов и возвращающей ответ в виде числа.

Функция вызова реализована как структура switch-case, входными параметрами которой являются символьное имя вызываемой функции и массив входных параметров и результатов вычислений на предыдущих этапах задачи. Далее по указанному имени вызывается функция, которой передается массив входных данных. Функции принимают стандартизованный массив, т.е. произвольный массив чисел, из которого в определенном порядке извлекаются входные параметры и результаты предыдущих вычислений. Порядок извлечения параметров определяется их порядковыми номерами в базе данных и их типом, т.е. первыми будут извлекаться входные параметры задачи, а следом – результаты предыдущих вычислений. Функция вызова возвращает результат вызванной функции или сообщение об ошибке, если переданный массив параметров имел неверную структуру.

**Заключение.** В ходе выполнения работы было получено успешно функционирующее программное обеспечение, реализующее создание, модификацию и удаление задач в базу данных. Достижение этого результата дает основу для создания механизма проверки присылаемых студентами задач и выявления ошибок в решениях. Разработанное программное обеспечение используется на кафедре КИБЭВС для автоматизации проверки самостоятельных и контрольных работ по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика».

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части государственного задания ТУСУР на 2015 г. (проект № 3657).

#### Литература

1. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М.: Высш. школа, 1979. 400 с.

УДК 004.056

#### **МОДЕЛЬ УЯЗВИМОСТЕЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

*А.Н. Вознюк, А.В. Кригер, Г.В. Тумуров, С.В. Козлов,  
А.А. Загородников, А.П. Кишнянкин*

Предложена актуальная модель уязвимостей системы обеспечения информационной безопасности, обеспечивающая четкое и ясное представление ее структуры, состава и содержания. Разработанная модель является универсальной и имеет как учебное, так и практическое значение при решении задачи разработки системы защиты информации на предприятии.

**Ключевые слова:** уязвимость, угроза, система защиты информации.

**Уязвимость** (информационной системы), брешь, определяется как свойство информационной системы, обуславливающее возможность реализации угроз безопасности обрабатываемой в ней информации [1]. Анализ возможных уязвимостей информационных систем является важнейшей составляющей при определении угроз безопасности информации в задачах разработки систем защиты ин-

формации объектов информатизации на предприятии. Вместе с этим существующие модели уязвимостей в недостаточной мере четко и ясно формируют представление о ее структуре, составе и содержании, что создает серьезную проблему обеспечения информационной безопасности (ИБ) организации. В связи с этим в целях повышения эффективности обеспечения информационной безопасности организации очевидна постановка задачи о разработке модели уязвимостей системы защиты информации на предприятии (СЗИ).

Для этого проведено исследование содержания ряда базовых нормативно-правовых документов РФ в области защиты информации (ЗИ) в направлении выявления основных сравнительных характеристик понятий «уязвимость» и «угроза» (таблица).

На основе анализа данных, представленных в таблице, в условиях некоторой неопределенности формулирования понятия уязвимости представляется возможным предварительно сделать следующие обоснованные выводы:

1. Уязвимость и угроза – это разные, но взаимосвязанные понятия (свойство информационной системы, обуславливающее возможность реализации угроз).

2. Уязвимость обладает конкретными свойствами угрозы (фактор, свойство), однако выраженными неявно, скрыто (ошибки при проектировании и разработке программного обеспечения, преднамеренные действия по внесению уязвимостей в ходе проектирования и разработки программно-аппаратного обеспечения ИС и т.п.). Это позволяет определить уязвимость как скрытую угрозу безопасности информации.

3. Уязвимость определяется не только локально как свойство информационной системы, но и на уровне информационной безопасности организации, как слабое место в инфраструктуре организации, включая систему обеспечения информационной безопасности (СОИБ) [4].

Корректность и обоснованность выводов подтверждаются более детальным анализом проблематики основных составляющих систем защиты информации на предприятии.

Так, в области организационно-правовой защиты информации на основе анализа базисного определения и понятия термина «защита информации» по ГОСТ Р 50922–2006 [1] были выявлены и устранены несогласованности определения и понятия «защита информации», разработана модель защиты информации, которая обеспечивает ясное и четкое понимание защиты информации, а также направлений защиты информации [6]. Подобные свидетельства неточностей (или ошибок) разработки некоторых нормативно-правовых документов в области защиты информации являются уязвимостью (скрытой угрозой) безопасности информации в задачах разработки систем защиты информации на предприятии.

В ГОСТ Р 53114 «Обеспечение информационной безопасности в организации...» [2] риск определяется как влияние неопределенностей на процесс достижения поставленных целей. В связи с этим возникает закономерный вопрос о корректности понятия «менеджмент риска» в содержании нормативно-правового документа в области защиты информации и свидетельствует о наличии уязвимости организационно-правового обеспечения информационной безопасности организации.

### Сравнение понятий «уязвимость» и «угроза»

Документ	Угроза	Уязвимость
ГОСТ Р 50922 [1]	Совокупность условий и факторов, создающих потенциальную или реально существующую опасность нарушения безопасности информации	Свойство информационной системы, обуславливающее возможность реализации угроз безопасности обрабатываемой в ней информации
ГОСТ Р 53114 [2]	Совокупность факторов и условий	Внутреннее свойство, создающее восприимчивость к воздействию источника риска
Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (выписка). ФСТЭК России [3]	Условия, факторы, создающие опасность	<p>– Некая слабость, которую можно использовать для нарушения системы или содержащейся в ней информации.</p> <p>Классификация угроз по используемой уязвимости:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– С использованием уязвимости системного ПО.</li> <li>– С использованием уязвимости прикладного ПО.</li> <li>– С использованием уязвимости, вызванной наличием в АС аппаратной закладки.</li> <li>– С использованием уязвимостей протоколов сетевого взаимодействия и каналов передачи данных</li> </ul>
СТО БР ИББС-1.0-2014 [4]	Угроза: опасность, предполагающая возможность потерь (ущерба)	<p>Уязвимость информационной безопасности; уязвимость ИБ: слабое место в инфраструктуре организации банковской системы Российской Федерации, включая СОИБ, которое может быть использовано для реализации или способствовать реализации угрозы ИБ.</p> <p>Уязвимость ИБ создает предпосылки к реализации угрозы через нее</p>
ГОСТ Р 51275 [5]	Устанавливает классификацию и перечень факторов, воздействующих на безопасность защищаемой информации, в целях обоснования угроз безопасности информации и требований по защите информации на объекте информатизации	Фактор, воздействующий на информацию, дефекты и уязвимости программного обеспечения ОИ

Характерным в этом плане является наличие значительного количества редакций федеральных законов РФ (ФЗ) в области информационной безопасности. Так, по данным одного из ведущих федеральных сайтов правовых ресурсов, ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» подвергался более 12 редакциям; ФЗ «О государственной тайне» – более 10; ранее действовал ФЗ «Об электронной цифровой подписи», который претерпел значительную редакцию и в 2011 г. был преобразован в ФЗ «Об электронной подписи» с уже более чем 6 редакциями; ФЗ «О персональных данных» – 14 редакций, причем Постановлением Правительства РФ № 1119 от 01.11.2012 кардинально изменен существующий до этого подход к разработке системы защиты персо-

нальных данных (ПДн) при их обработке в информационных системах персональных данных (ИСПДн) и т.д. Это свидетельствует о множественности возникающих уязвимостей в сфере правовой защиты информации.

Указом Президента РФ № 188 от 06.03.1997 в редакции от 13.07.2015 однозначно утвержден перечень сведений конфиденциального характера, в котором исключены секретные сведения. Вместе с этим в действующем руководящем документе (РД) ФСТЭК России от 30.03.1992 «Защита от несанкционированного доступа к информации. Термины и определения», в п. 23 в качестве конфиденциальной определяется информация, требующая защиты, что не исключает секретной информации. Эта неопределенность создает затруднения, уязвимости при разработке систем защиты информации от несанкционированного доступа в средствах вычислительной техники и автоматизированных системах.

В РД ФСТЭК России «Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» [3] установлено, что при наличии функций голосового ввода ПДн в ИСПДн или функций воспроизведения ПДн акустическими средствами ИСПДн возникает только угроза утечки акустической (речевой) информации, содержащейся непосредственно в произносимой речи пользователя ИСПДн. Вместе с этим не исследуются такие характерные в этом случае технические каналы утечки информации (ТКУИ), как виброакустический, акустооптический, оптико-электронный, акустоэлектрический и другие ТКУИ, что представлено в модели технической защиты информации объектов информатизации, предназначенных для проведения конфиденциальных переговоров [7]. А это представляет уязвимость не только организационно-правового обеспечения информационной безопасности, но и создает уязвимости в задачах разработки подсистем технической защиты ИСПДн.

На основе известной модели СОИБ [8] модель уязвимостей СОИБ предприятия м представлена на рис. 1.

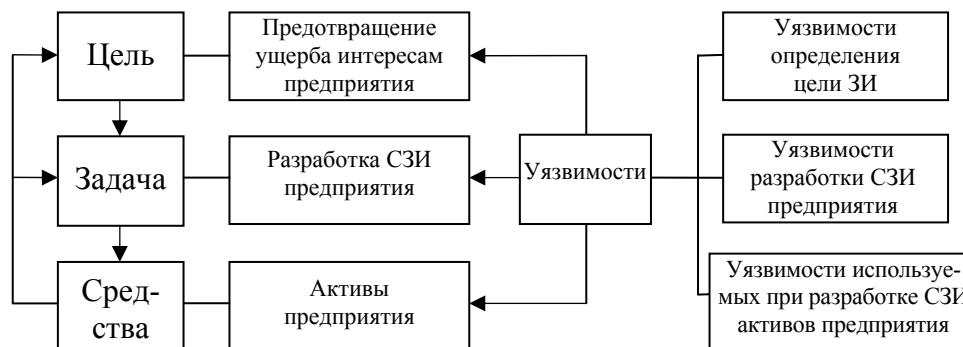


Рис. 1. Модель уязвимостей СОИБ предприятия

Анализ российского рынка техники защиты информации [1] свидетельствует о широком применении систем оценки защищенности информации по ТКУИ на основе использования анализаторов спектра зарубежных фирм [9], что создает, с учетом известных ограничений на поставку и актуальности поставляемого оборудования, уязвимости разработки СЗИ предприятия.

Изложенное подтверждает в дополнительном порядке, что уязвимости характерны для всех подсистем защиты информации и в целом для системы обеспечения информационной безопасности (СОИБ) предприятия.

### **Заключение**

1. Уязвимость – это скрытая угроза СОИБ предприятия, а не только локальное свойство информационной системы.
2. Разработанная модель решает поставленную в исследовании задачу, четко и ясно формирует представление о структуре, составе и содержании уязвимостей СОИБ.
3. Модель уязвимостей СОИБ имеет практическое значение, так как апробирована в учебном процессе студентов ТУСУРа по информационной безопасности, а также может использоваться для разработки моделей угроз безопасности информации и будет способствовать повышению эффективности обеспечения информационной безопасности предприятия.

### **Литература**

1. ГОСТ Р 50922–2006. Защита информации. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/default.aspx>, свободный (дата обращения: 17.09.15).
2. ГОСТ Р 53114–2008. Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/default.aspx>, свободный (дата обращения: 17.09.15).
3. Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (выписка). ФСТЭК России, 2008 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fstec.ru/component/attachments/download/289>, свободный (дата обращения: 17.09.15).
4. Стандарт банка России СТО БР ИББС-1.0–2014. Обеспечение информационной безопасности организационной банковской системы Российской Федерации. Общие положения [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.cbr.ru/credit/gubzi\\_docs/st-10-14.pdf](http://www.cbr.ru/credit/gubzi_docs/st-10-14.pdf), свободный (дата обращения: 21.09.15).
5. ГОСТ Р 51275–2006. Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/default.aspx>, свободный (дата обращения: 21.09.15).
6. Загородников А.А., Козлов С.В. Модель защиты информации // Конференция участников ГПО ТУСУР–2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gpo-conference.tusur.ru/conference/2014/themes/99/projects/571/discourses/653>, свободный (дата обращения: 21.09.15).
7. Загородников А.А., Козлов С.В. Модель подсистемы технической защиты информатизации объекта информатизации // Всерос. науч.-техн. конф. «Научная сессия ТУСУР–2015» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/science/events/session/2015-4.pdf>, свободный (дата обращения: 24.09.15).
8. Загородников А.А., Козлов С.В. Модель системы обеспечения информационной безопасности организации // Всерос. науч.-техн. конф. «Научная сессия ТУСУР–2015» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/science/events/session/2015-4.pdf>, свободный (дата обращения: 24.09.15).
9. Бузов Г.А. Защита от утечки информации по техническим каналам: учеб. пособие / Г.А. Бузов, С.В. Калинин, А.В. Кондратьев. М.: Горячая линия-Телеком, 2005. 416 с.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ И ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

*Сопредседатели секции: Ехлаков Юрий Поликарпович, д.т.н., профессор,  
зав. каф. АОИ;*

*Сенченко Павел Васильевич, к.т.н., декан ФСУ, доцент каф. АОИ*

УДК 300.35

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА НА КОРПОРАТИВНЫЙ РЫНОК**

*Д.Н. Бараксанов, Д.И. Рубанов, А.И. Назарова*

Рассмотрены различные бизнес-модели производства программного обеспечения. Проанализирован рынок программного обеспечения поддержки принятия маркетинговых решений. Выявлены основные конкуренты разрабатываемой системы. Изучены основные стадии продвижения программного продукта. Предложена программная реализация системы поддержки принятия маркетинговых решений на разных стадиях продвижения продукта. Используются иерархические методы для реализации сегментирования и метод последовательных уступок для выбора целевого сегмента и варианта поставок.

**Ключевые слова:** системы поддержки принятия маркетинговых решений, стадии продвижения программного продукта, определение емкости рынка, сегментирование рынка, оценка емкости сегмента, выявление целевого сегмента, выбор наилучшего варианта поставки.

**Актуальность темы исследования.** В настоящее время все имеющиеся ИТ-компании, чья работа напрямую связана с производством программного обеспечения (ПО), выбирают одну из двух бизнес-моделей ведения своей деятельности: разработка и продвижение собственных программных продуктов (ПП) или разработка уникального ПО на заказ. При подробном рассмотрении каждой модели ведения бизнеса становится понятно, что наиболее перспективной моделью развития является продуктовая модель (продвижение собственных ПП). Причиной массового признания данной модели является не только существенный финансовый потенциал, но и возможность закрепления продукта в определенной рыночной нише. Однако, несмотря на очевидные преимущества бизнес-модели, вместе с ними имеется ряд проблем, связанных с решением маркетинговых задач, в том числе: анализ рынка потенциальных потребителей, выбор целевых сегментов распространения ПП, а также выявление перспективных комбинаций поставок. Самым оптимальным вариантом в устранении задач такого рода становится разработка ПО принятия решения при организации продвижения ПП на корпоративный рынок.

**Имеющиеся решения.** В условиях постоянного развития информационных технологий сложно говорить об отсутствии программной реализации выделенных задач. Предложенные в настоящее время автоматизированные решения мож-

но подразделить на три группы: комплексные решения для отдела маркетинга, приложения поддержки принятия решения отдельных маркетинговых задач и специфические сервисы, облегчающие использование отдельных инструментов интернет-маркетинга.

В *группе комплексных решений* для отделов маркетинга в контексте поддержки задач, связанных с продвижением продуктов, можно выделить два класса программных продуктов: Integrated Marketing Management (IMM, интегрированное управление маркетингом) и Marketing Resource Management (MRM, управление маркетинговыми ресурсами). Класс программных продуктов IMM предназначен для автоматизации маркетинговых процессов компании, начиная от сбора и анализа информации о клиентах и заканчивая составлением планов, бюджетов, управлением маркетинговыми ресурсами, производством и анализом маркетинговой эффективности. Класс программных продуктов MRM, в свою очередь, помогает автоматизировать административные задачи маркетинга, связанные с бюджетированием, планированием и отчетностью, созданием заказов на рекламную продукцию, ведением единой базы данных по продуктам и услугам для использования в рекламных материалах и т.д. В публикации Magic Quadrant for Integrated Marketing Management представлены 10 основных поставщиков IMM решений: IBM (Unica), SAS, Teradata, Oracle, SAP, Neolane, Marketo, Alterian, Direxxis, MarketingPilot [1]. Среди российских систем подобного класса можно привести в пример БЭСТ-Маркетинг. Из зарубежных систем в России официально представлены BrandMaker, SAS, SAP, IBM (Unica).

В *группу приложений поддержки принятия решений отдельных маркетинговых задач* входят различные системы поддержки рекламной деятельности компаний, которые позволяют: осуществлять сегментирование рынка и оценку привлекательности сегментов, составлять медиапланы, разрабатывать коммуникационные сообщения, оценивать результаты использования инструментов интернет-маркетинга. Решений, подходящих для осуществления сегментирования рынка, достаточно много. К ним можно отнести как электронные таблицы, входящие во все стандартные офисные пакеты прикладных программ, так и специализированные решения, такие как StatSoft, КонСи, STATISTICA, MathCad и др. Также на рынке представлено значительное количество программ медиапланирования [2]: Galileo, PaloMARS, TV Planet, Super Nova, AGB WorkStation, PROBA-Media, CRATE, DataFriend, OptiMedia, Excom Media Planer и др. Программных продуктов, предназначенных для составления коммуникационных сообщений мало, что связано с большой долей творческой составляющей данного процесса. В российском сегменте удалось обнаружить только решения, представленные компанией ТРИЗ-ШАНС. Для решения задач по оценке результативности использования инструментов интернет-маркетинга можно отнести программы анализа журналов записей событий о работе сервера и внешние системы интернет-статистики. К первому классу систем относятся Webalizer, AWStats, ко второму – Google Analytics, Яндекс.Метрика, Liveinternet, OpenStat и др.

К *специфическим сервисам использования отдельных инструментов интернет-маркетинга* можно отнести наиболее популярные сервисы настройки рекламной кампании, в том числе ApiShops, KeySA, «Простор» и др. Эти сервисы в полной мере учитывают специфику поддерживаемых рекламных инструментов, позволяют значительно сэкономить время запуска рекламной кампании, а также отследить ее результативность.

Несмотря на значительное количество имеющихся на рынке систем поддержки принятия решений (СППР) для продвижения программных продуктов, следует отметить, что большинство из них содержит избыточный функционал и их внедрение не под силу малым компаниям-разработчикам ПП. Кроме того, еще одной проблемой современного ПО для поддержки принятия маркетинговых решений является отсутствие комплексной методической базы.

Ввиду вышеперечисленных фактов было принято решение о необходимости разработки СППР для разных стадий продвижения «тиражных» программных продуктов на корпоративный рынок субъектов малого и среднего бизнеса.

**Стадии продвижения ПП на рынок.** Для того чтобы выявить требования к функционалу разрабатываемой СППР, следует изучить имеющиеся стадии продвижения ПП на рынок. Согласно источнику [3] к основным стадиям можно отнести: предварительную оценку рынка, сегментирование рынка, маркетинговый анализ и позиционирование ПП, унификацию и рыночное тестирование ПП, планирование программы продвижения и реализацию плана маркетинговых мероприятий по продвижению ПП на рынок. Подробно изучив содержание задач на каждой из этих стадий, было принято решение реализовать СППР для следующих этапов: предварительная оценка рынка, сегментирование рынка, маркетинговый анализ и позиционирование ПП, планирование программы продвижения. Обоснованием выбора данных стадий является наличие содержательной постановки, а также методов и алгоритмов решения внутренних задач для каждой из них.

**Программная реализация.** Результатом анализа имеющихся СППР в данной сфере и изучения необходимых стадий продвижения ПП на рынок стала СППР для разных стадий продвижения «тиражных» программных продуктов на корпоративный рынок субъектов малого и среднего бизнеса. Основные функции, которые выполняет СППР в соответствии с выбранными стадиями, представлены на рис. 1.



Рис. 1. Основные задачи СППР

Первая стадия, реализуемая в СППР, – *предварительная оценка рынка*, которая в рамках функционала продукта предполагает ввод основных исходных данных о деятельности компании. Основной задачей, встающей перед пользователем, становится описание возможных вариантов моделей тиражирования. Вместе с тем обязательными для заполнения являются постоянные и переменные затраты, процент объема инвестиций, а также трудовые ресурсы, необходимые для обеспечения тиражирования ПП.

Вторая стадия, реализуемая в СППР, – *сегментирование рынка*. Данная стадия в рамках функционала продукта предполагает загрузку перечня потребителей базового рынка из CSV файла. После загрузки данных перед лицом, принимающим решение (ЛПР), встает задача выбора переменных сегментирования. Переменные для сегментирования могут принимать самые различные значения, однако единственное условие, которое к ним предъявляется, – наличие данного признака в исходных данных. Значения, которые принимают переменные сег-



ментирования, могут быть разделены на два типа: качественные и количественные. Для задания признаков сегментирования по качественным переменным следует указывать дихотомические значения, для задания признаков сегментирования по количественным переменным следует указывать интервальные значения. Логическим завершением вышеперечисленных действий становится процедура соотнесения потребителей к сегментам путем использования иерархических методов [4].

Третья стадия, реализуемая в СППР, – *маркетинговый анализ и позиционирование ПП*. Данная стадия в рамках функционала продукта предполагает осуществлении анализа и выбора наиболее перспективных сегментов рынка, вместе с вариантами поставки продукта. Для реализации данной задачи ЛПР необходимо соотнести к каждому целевому сегменту предпочтительный вариант поставки, тем самым сформировав множество альтернатив тиражирования. Каждая из сформировавшихся альтернатив оценивается по десяти показателям привлекательности. После указания всех показателей перед ЛПР возникают следующие задачи: указать среднюю стоимость варианта ПП в целевом сегменте и веса показателей привлекательности тиражирования ПП. На следующем этапе прогнозируется пессимистичный, оптимистичный и наиболее вероятный объем продаж. Далее в процессе решения задачи выбора целевых сегментов и вариантов поставки ПП реализован метод последовательных уступок, в соответствии с которым после описания параметров альтернатив тиражирования ПП ЛПР ранжирует критерии многокритериальной задачи оптимизации и указывает величину уступки на каждом шаге решения задачи. В результате работы данного этапа выбираются наиболее перспективные альтернативы тиражирования ПП, включающие в себя целевые сегменты рынка, а также прогнозные объемы требуемых инвестиций для продвижения ПП.

Последняя стадия, реализуемая в СППР, – *планирование программы продвижения*, основной целью которой является разработка и оптимизация плана размещения коммуникационных сообщений. На данном этапе ЛПР формирует перечень доступных для размещения коммуникационных сообщений мест рекламных площадок. Следует отметить, что для каждого выбранного места размещения коммуникационного сообщения необходимо указать среднесуточное количество показов, а также стоимостные характеристики в соответствии с ценовой моделью размещения на данной рекламной площадке. СППР осуществляет расчет базовых стоимостных показателей в зависимости от ценовой модели. Далее ЛПР прогнозирует конверсионные показатели эффективности размещения коммуникационных сообщений на каждом месте размещения. После чего ЛПР необходимо определить ограничения на максимальную продолжительность показов коммуникационного сообщения на выбранной рекламной площадке. Завершающим шагом данной стадии является оптимизация плана размещения коммуникационных сообщений с учетом определенных на предыдущих шагах параметров и представление рекомендуемого объема инвестиций для продвижения ПП.

**Заключение.** В результате анализа имеющихся СППР, а также знакомства с основными стадиями вывода ПП на рынок была разработана СППР для принятия маркетинговых решений, которая позволяет решать следующие задачи: сегментирование рынка, выявление целевого сегмента, создание наиболее перспективных альтернатив тиражирования ПП, оптимизация плана размещения коммуникационных сообщений.

### Литература

1. Чубкова И. Magic Quadrant for Marketing Resource Management. Вендоры и динамика для 2008–2011 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://irina-chubukova.blogspot.ru/2011/11/magic-quadrant-for-marketing-resource\\_08.html](http://irina-chubukova.blogspot.ru/2011/11/magic-quadrant-for-marketing-resource_08.html), свободный (дата обращения: 01.10.2015).
2. Обзор программ медиапланирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.eso-online.ru/mediaplanirovanie\\_1/obzor\\_programm\\_1/](http://www.eso-online.ru/mediaplanirovanie_1/obzor_programm_1/), свободный (дата обращения: 02.10.2015).
3. Ехлаков Ю.П. Модели и алгоритмы управления жизненным циклом программного продукта / Ю.П. Ехлаков, Д.Н. Бараксанов, Е.А. Янченко. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2013. 196 с.
4. Ехлаков Ю.П., Бараксанов Д.Н., Мамонова Н.В. Функциональные и математические модели сегментирования рынка программных продуктов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2012. № 2. С. 155–160.

УДК65.011.56

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ СКЛАДСКОГО УЧЕТА  
И КОМПЛЕКТАЦИИ С СИСТЕМОЙ ПЛАНИРОВАНИЯ  
И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В ЕДИНОМ  
ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРЕДПРИЯТИЯ  
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*М.А. Казанцев, А.И. Легалов, И.В. Чемидов*

Рассматриваются вопросы интеграции процессов диспетчеризации производства с системой управления складскими запасами. Для повышения эффективности позаказного и мелкосерийного производства предлагаются решения, базирующиеся на создании специализированного программного обеспечения.

**Ключевые слова:** автоматизация, управление складом, планирование и диспетчеризация производства.

Современные радиоэлектронные комплексы состоят из большого числа деталей и сборочных единиц (ДСЕ), в их производстве также используется широкая номенклатура материалов и покупных комплектующих изделий (ПКИ). Для эффективности производственного процесса актуальна задача своевременного принятия решений по закупке материалов и ПКИ, складского учета и планирования производства. Количество наименований ДСЕ и ПКИ в изделии может достигать нескольких десятков тысяч, что значительно усложняет радиоэлектронное производство и требует особого подхода всей организации. Задачи оперативно-календарного планирования на таких производственных предприятиях ставятся как задачи обеспечения выпуска продукции в заданных объемах, в нужном ритме и высокого качества [1].

На АО «НПП «Радиосвязь» была разработана, внедрена и эффективно применяется автоматизированная система управления производством в состав которой входят системы: управления складом, закупками, планирования и диспетчеризации производства и т.д. [2].

Система управления складом обеспечивает учет движения артикулов – приход и автоматическое списание на основании состава заказа. Система планирования и диспетчеризации производства определяет порядок и сроки запуска позиций в производство с учетом очередности выпуска изделий и предоставляет инженерно-техническому персоналу информацию о состоянии изделий в производстве, выполнении плана в реальном времени.

Наиболее эффективно предприятие может работать только в случае глубокой интеграции автоматизированных систем управления предприятием.

Организация производственного процесса в АО «НПП «Радиосвязь» определяется характером выпускаемой продукции, типом производства и может быть представлена как поточная форма организации, которая характеризуется разделением процесса производства на операции, их последовательным выполнением на специализированных рабочих местах. Оперативное управление производством заключается в распределении полученного плана работ или части плана среди рабочего персонала во временном периоде и по очередности выпуска комплектов заказов. Схема взаимодействия информационных систем АО «НПП «Радиосвязь» представлена на рис. 1.

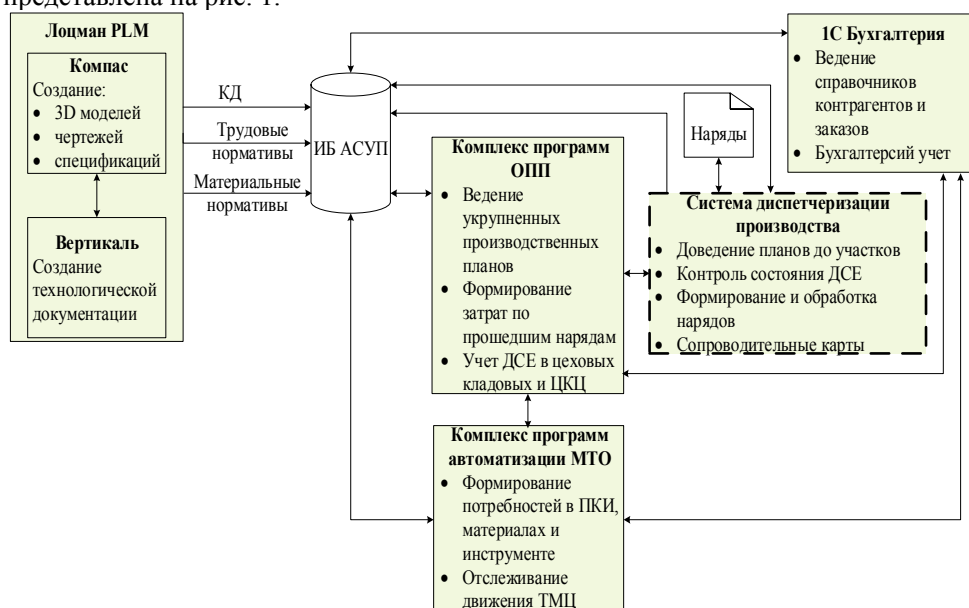


Рис. 1. Схема взаимодействия информационных систем

Формирование плана работ осуществляется системой планирования различных уровней. В планово-диспетчерский отдел (ПДО) поступают заключенные контракты, служебные записки, распоряжения и внеплановые задания, которые являются основанием для запуска формирования производственного плана. Далее план постепенно спускается вниз до уровня фактического производства, где осуществляется выполнение поставленного плана.

На рис. 2 представлена укрупненная схема информационных потоков при планировании. Для получения номенклатурного плана производства необходимо наличие данных о составе изделия, технологических процессах изготовления и график товарного выпуска. Конструкторская документация определяет состав изделия. Информация о технологических процессах используется для определе-

ния очередности операций и цехов по изготовлению позиций. График товарного выпуска определяет номенклатуру заказов, очередность выпуска и количество комплектов. Вся информация передается в информационную базу отдела АСУП для формирования номенклатурного плана для цехов предприятия.

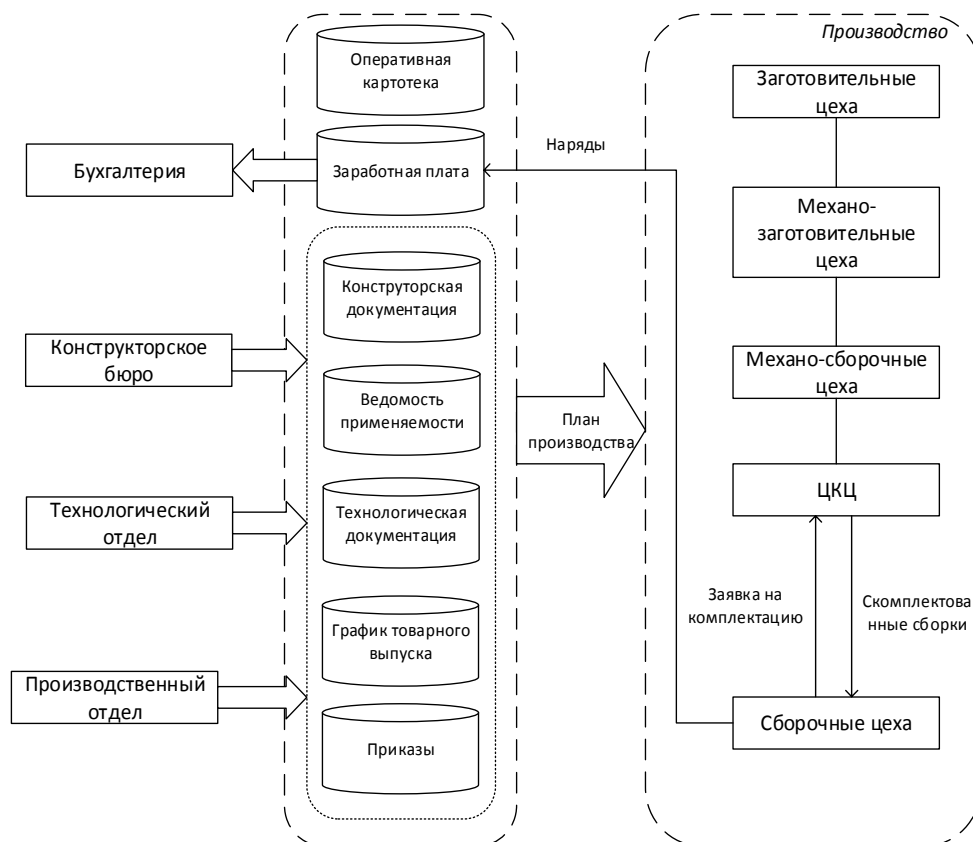


Рис. 2. Схема информационных потоков при планировании

Достигнута высокая степень интеграции между системой участковых планов и системами управления цеховых комплектаций – по факту получения ДСЕ работником цеха производится соответствующая запись в базе данных, а для идентификации сотрудников используются электронные пропуска, при этом на рабочем месте мастера отображается информация о том, что данная ДСЕ была взята сотрудником в работу.

В соответствии с планом сборочные цеха формируют заявки в центральный комплектовочный цех (ЦКЦ), согласно которым комплектуются сборки и ДСЕ запускается в производство. При обработке заявки сотрудниками ЦКЦ производится проверка остатков ДСЕ и ПКИ на складе. При наличии необходимого количества выполняется комплектация сборки.

Позиции, вошедшие в скомплектованную сборку, ставятся в резерв в системе управления складом, а перевод в окончательный расход производится при получении сборки сотрудником цеха-заявителя. В момент получения сборки в комплектации цеха-заявителя автоматически создается приход на заявленную сборку. Сотруднику цеховой комплектации необходимо проверить фактический состав полученной сборки на соответствие документу, а затем провести документ.

Интеграция двух систем и связь их с системой учета наряд-заданий позволяет эффективно использовать электронные сопроводительные карты. Начиная с момента создания сопроводительной карты на позицию, процесс её производства можно отследить в режиме реального времени, представить наглядно в виде прохождения нарядов по сопроводительным картам (рис. 3).



2. Казанцев М.А. Система диспетчеризации опытного и мелкосерийного производства радиоэлектронной аппаратуры // Вестник Сиб. гос. аэрокосмического ун-та им. ак. М.Ф. Решетнева. 2013. Т. 50, вып. 4. С. 27–32.

УДК 004.932.4

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПЕРЕД РАСПОЗНАВАНИЕМ ОБРАЗОВ**

***Я.В. Костелей***

Проведен анализ методов предварительной обработки изображений перед распознаванием образов. Произведена реализация данных методов без использования сторонних библиотек в компьютерном приложении, позволяющем группировать методы с различными входными параметрами (пользовательские матрицы свертки, структурные элементы математической морфологии) для преобразования изображения с возможностью сохранения промежуточных результатов.

**Ключевые слова:** бинаризация, матрица свертки, математическая морфология, скелетизация, медианный фильтр, фильтр Гаусса, выравнивание гистограмм, выделение границ.

Компьютерное зрение – это одна из самых востребованных областей на данном этапе развития глобальных цифровых компьютерных технологий. Данная отрасль позволяет решать задачи выделения и классификации объектов на изображениях. Одним из примеров использования методов распознавания образов на графических объектах является медицинская диагностика, в которой данная технология решает задачи измерения объектов на рентгенограммах, компьютерных томограммах и цифровых снимков видеокольпоскопии, и становится задачей улучшения визуализации.

Использование различных аппаратных средств диагностики накладывает определенные свойства получаемых изображений, затрудняющих решение задачи распознавания, такие как зашумленность, недостаточная освещенность или неравномерное распределение света, размытие изображения при режимах высокого разрешения видеокамер и др. Данные особенности требуют дополнительной обработки изображений для получения данных, оптимально подходящих для решения задачи.

В свою очередь, распознавание образов на изображении является нетривиальной задачей: существует множество методов, которые обладают определенными свойствами входных и выходных параметров их алгоритмов. Для определения методов, оптимально подходящих для решения поставленной задачи распознавания, необходимо проанализировать изображения, полученные после преобразования данными методами. Ввиду этого целью данной работы является разработка компьютерного приложения, позволяющего использовать наиболее часто применяемые алгоритмы предварительной обработки изображений перед распознаванием объектов для анализа данных методов.

Обычно перед выделением несущих признаков объектов на изображении необходимо применить различные фильтры преобразования для оптимизации скорости выполнения алгоритмов формообразования, таких как скелетизация или выделение границ.

Первым этапом обработки является преобразование изображения в оттенки серого (монохромное изображение). Одним из простых методов проведения этой операции является получение среднего значения из значений цветов RGB-каналов. Другой метод основывается на преобразовании с использованием фиксированных коэффициентов.

Для применения методов математической морфологии, алгоритмов скелетизации и завершающих преобразований алгоритмов выделения границ необходимо использовать преобразование изображения в бинарный вид (каждый пиксель изображения может принимать два значения: черный или белый). Обычно перед бинаризацией изображения его переводят в монохромный вид. Стандартно алгоритмы бинаризации классифицируются на два типа: пороговые и адаптивные.

При пороговой бинаризации (рис. 1) устанавливается порог, который определяет цвет пикселя следующим образом: если цветовая составляющая пикселя выше заданного порога, пиксель закрашивается черным, если меньше – белым. Часто порог устанавливается после анализа гистограммы изображения.

Адаптивная бинаризация (рис. 2) заключается в динамическом определении порога для текущего пикселя изображения: устанавливается порог, равный среднему значению цвета пикселей, находящихся в некоторой окрестности данной точки. Скорость работы алгоритма будет зависеть от размера окрестности.



Рис. 1. Пороговая бинаризация (пороги 100, 156, 200)



Рис. 2. Адаптивная бинаризация (радиусы окрестности 5, 10 и 20)

Положительной чертой пороговой бинаризации является высокая скорость выполнения, но данный алгоритм чувствителен к перепадам контрастности и яркости изображения. Адаптивный алгоритм имеет противоположные свойства.

Для повышения качества изображения используются различные фильтры и преобразования. Одним из способов нелинейной фильтрации является использование матрицы свертки. Матрица свертки – это матрица коэффициентов, которая «умножается» на значение пикселей изображения для получения требуемого результата [1]. Процесс «сворачивания» пикселей заключается в следующем [формула (1)]: матрица свертки накладывается на каждый пиксель изображения при

совмещении его с центром матрицы свертки (центром матрицы свертки является ее центральный элемент), пикселю присваивается значение суммы произведений цвета пикселя изображения и наложенного на него элемента матрицы свертки, деленное на весовой коэффициент матрицы свертки (сумма всех элементов матрицы свертки). Умножение на весовой коэффициент позволяет избежать увеличения полученных значений за диапазон:

$$FiltredPixel_{i,j} = \sum_{x=-k/2}^{k/2} \sum_{y=-k/2}^{k/2} ColoredPixel_{i-x,y-j} \cdot Matrix_{i+k/2,j+k/2}, \quad (1)$$

где  $ColoredPixel_{x,y}$  – обрабатываемый пиксель;  $Matrix_{x,y}$  – элемент матрицы свертки;  $FiltredPixel_{i,j}$  – полученный в результате «сворачивания» пиксель.

Одними из примеров матриц (ядер) свертки, применяемых в программе, являются основное размытие, усиление резкости, эффект выдавливания.

Одним из часто применяемых фильтров с помощью матрицы свертки является фильтр Гаусса. Данный фильтр используется для размытия изображения (размытие по Гауссу). Элементы ядра фильтра свертки формируются с помощью гауссовой функции. Сила размытия будет зависеть от размера ядра свертки и величины  $\sigma$ . Для корректного формирования ядра необходимо использовать правило трех сигм.

Для снижения шума часто используют медианный фильтр. Идея фильтра заключается в следующем: значению текущего пикселя присваивается среднее значение от значений его окрестности. От величины окрестности будет зависеть сила применяемого фильтра.

При плохом распределении освещения на изображении части объектов могут теряться на фоне. Для улучшения качества для таких типов изображений используют выравнивание гистограмм (эквализация). Алгоритм данного фильтра заключается в следующем: сначала производится построение гистограммы для исходного изображения (количество пикселей с заданным цветом), далее происходит нормализация гистограммы, и каждому пикселю присваивается значение, соответствующее значению данного цвета в гистограмме. Для 32-битных RGB-изображений следует производить преобразование каждого канала, включая альфа-канал.

Для выделения границ изображения часто используют нелинейные операторы, такие как операторы Робертса, Прюитта, Соболя и Канни (рис. 3). Применение операторов Робертса, Прюитта, Соболя заключается в использовании фиксированных матриц свертки для горизонтальной и вертикальной обработки (выделения, усиления) изображения. В однотонных участках изображения все точки имеют примерно одинаковую яркость, градиент уровней яркости низок, и в результирующем изображении подобные участки темнеют. Там, где имеются перепады (резкие переходы, края), величина изменения яркости высока, и в конечном изображении в таких местах появляются яркие линии.

Результирующее значение определяется путем вычисления длины вектора, полученного из значений вертикальной и горизонтальной обработки. Для получения корректных результатов перед использованием операторов обычно применяют размытие по Гауссу. Для получения четких границ к полученному изображению применяют пороговую бинаризацию.



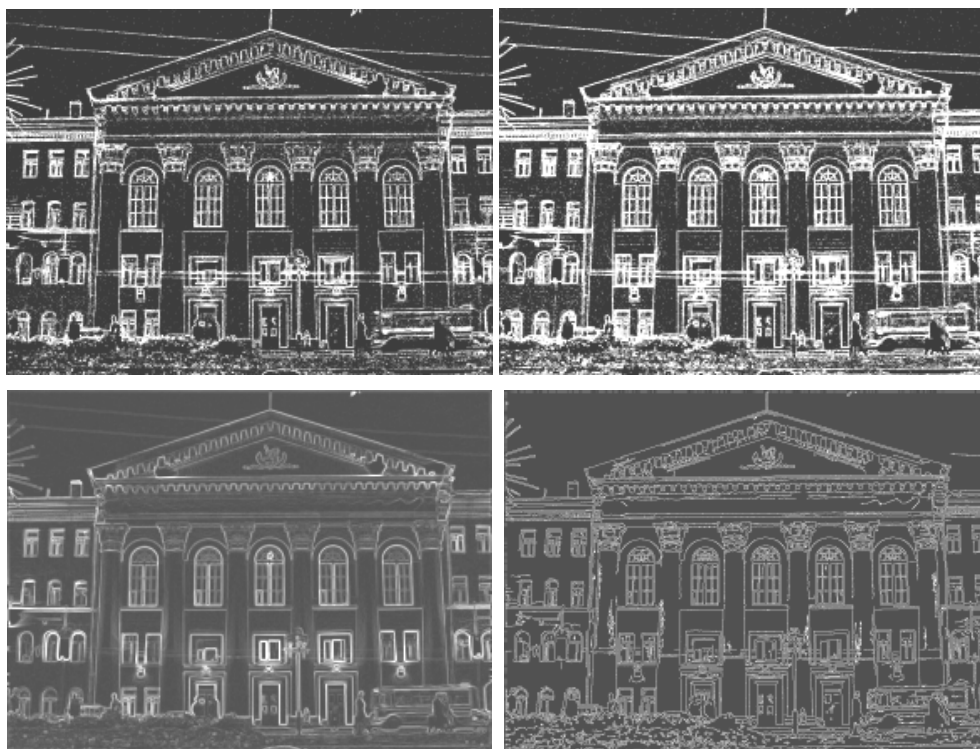


Рис. 3. Операторы Роберта, Прюитта, Собеля и Канни

Оператор Канни, в свою очередь, не является, можно сказать, оператором, а определяется как комплекс операций над изображением [3].

1. Применение фильтра Гаусса.
2. Применение оператора Соболя для изображения.
3. Высчитывается направление вектора градиента. Данное выражение квантуется для кратности 45 градусам.
4. Подавляются немаксимумы. Только локальные максимумы отмечаются как границы.
5. Двойная пороговая фильтрация, сходная с принципом приведенной выше пороговой бинаризации, но в данном случае используются верхний и нижний пороги. Если текущий пиксель выше верхнего порога, он помечается как граница. Если находится между верхним и нижним порогом, то обозначается как область неоднозначности. Если ниже нижнего порога, помечается как неграница.
6. Трассировка области неоднозначности. Все области неоднозначности отбрасываются, если они не примыкают к границе.

Особое место в обработке бинарных изображений занимает математическая морфология. Часть операций математической морфологии схожа с операциями над множествами (в данном случае изображениями) в дискретной математике (пересечение, объединение, вычитание). Основные операции математической морфологии применяются с использованием различных структурных элементов (рис. 4). Подобно матрице свертки, на каждый пиксель накладывается структурный элемент, совмещая его с центральным элементом.

1. Нарастивание. Если центральный элемент и пиксель входного изображения являются закрашенными, данный пиксель выходного изображения и вся ок-

рестность, лежащая под закрашенными элементами структурного элемента, закрашиваются.

2. Эрозия. Если всем закрашенным элементам структурного элемента соответствуют (тоже закрашены) пиксель и его окрестность, то в выходном изображении пиксель закрашивается (изменяется только текущий пиксель).

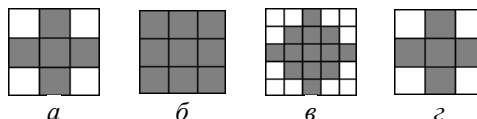


Рис. 4. Пример структурных элементов

3. Замыкание. Последовательное применение эрозии, а потом наращивания.

4. Размыкание. Последовательное применение наращивания, а потом эрозии [4].

Совокупность данных операций позволяет производить увеличение или уменьшение объектов, исключение объектов меньше структурного элемента и др. С помощью методов математической морфологии возможно выделение границ объектов. Для этого к изображению применяется операция эрозии со структурным элементом, изображенном на рис. 4, г, а далее происходит вычитание полученного изображения из исходного.

При решении таких задач, как распознавание текста, иногда разумнее будет получить скелет объекта, а не его контур. Для выполнения скелетизации часто используют алгоритм Зонга–Суня. Данный алгоритм заключается в повторении итераций, пока будет удаляться хотя бы один пиксель.

1. Первая подытерация.

1.1. Для каждого пикселя получаются значения его окрестности соответствующей матрице [формула (2)]:

$$\begin{pmatrix} P_9 & P_2 & P_3 \\ P_9 & P_1 & P_5 \\ P_8 & P_7 & P_6 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где  $P_1$  – пиксель, претендующий на удаление; остальные  $P_x$  – пиксели рассматриваемой окрестности.

Если выполняются все следующие условия, выполнить 1.2: сумма всех  $P_x$  с 2 до 9 ( $x = \overline{2,9}$ ) больше или равна 2 и меньше или равна 6, и количество пар «01» в последовательности от  $P_2$  до  $P_9$  равно 1, причем последовательность зациклена, т.е. есть переход от  $P_9$  до  $P_2$ .

1.2. Если произведения  $P_2, P_4, P_6$  и  $P_4, P_6, P_8$  равны нулю, пиксель  $P_1$  удаляется.

2. Выполняется изменение исходного изображения в соответствии с помеченными на удаление пикселями.

3. Вторая подытерация.

3.1. Соответствует 1.1.

3.2. Если произведения  $P_2, P_4, P_8$  и  $P_2, P_6, P_8$  равны нулю, пиксель  $P_1$  удаляется.

4. Выполняется изменение исходного изображения в соответствии с помеченными на удаление пикселями [5].

Описанные в данной работе методы реализованы без использования сторонних библиотек в компьютерном приложении, позволяющем группировать вышеописанные методы с различными входными параметрами (пользовательские матрицы свертки, структурные элементы математической морфологии) для преобразования изображения с возможностью сохранения промежуточных результатов.

### Литература

1. Конволюционные фильтры [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.djvu-soft.narod.ru/bookscanlib/011.htm>, свободный (дата обращения: 12.08.2015).
2. Медианный фильтр [Электронный ресурс]. Научная библиотека. Режим доступа: [http://sernam.ru/book\\_prett2.php?id=8](http://sernam.ru/book_prett2.php?id=8), свободный (дата обращения: 29.07.2015).
3. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. 1986. Vol. pami-8, № 6.
4. Математическая морфология и обработка изображений [Электронный ресурс]. Научная библиотека. Режим доступа: [http://sernam.ru/book\\_prett2.php?id=8](http://sernam.ru/book_prett2.php?id=8), свободный (дата обращения: 29.07.2015).
5. Темнов К.А. Алгоритм скелетизации растрового монохромного изображения / К.А. Темнов, А.В. Кириллов, В. Галкин // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2009. № 8.

УДК 338.27

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

*А.И. Лалетина*

Ставится задача проведения технического анализа в области финансовых рынков для дальнейшего прогнозирования с использованием искусственных нейронных сетей, а также разработки собственных подходов к прогнозированию рынка FOREX и проектированию торговых систем, пригодных для использования в торговом зале.

**Ключевые слова:** технический анализ, прогнозирование, нейронные сети.

**Задача прогнозирования финансовых рынков.** Нейросетевая методология находит все новые успешные применения в практике управления и принятия решений, в том числе в финансовой и торговой сферах. Лежащая в ее основе теория нелинейных адаптивных систем доказала свою полезность при выработке прогнозов в целом ряде отраслей экономики и финансов [1].

Для достижения поставленной цели в работе выполняются опыты для определения этапов процесса решения задачи прогнозирования, которые нуждаются в автоматизации.

Для эффективного анализа рынка требуются соответствующие современным требованиям экономико-математические методы. Сегодня огромное количество ученых работают в области разработки методов прогнозирования финансовых рынков. Таким образом, исследования в области биржевых рынков – актуальное и перспективное направление деятельности и будет оставаться таковым в течение довольно долгого периода времени [1].

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

а) проведение обзора специализированной литературы, ресурсов глобальной сети Интернет, а также рынка программных средств, реализующих нейросетевые принципы для решения задач прогнозирования;

б) выполнение технического анализа с целью определения этапов процесса решения задачи прогнозирования, которые нуждаются в автоматизации:

Технический анализ – это общепринятый подход к изучению рынка, имеющий целью прогнозирование движения валютного курса и предполагающий, что рынок обладает памятью, а потому на будущее движение курса оказывают большое влияние наблюдаемые закономерности его прошлого поведения [3].

Объектом исследования в техническом анализе являются графики, отображающие поведение цен. В техническом анализе принято выделять на графиках определенный набор типовых элементов. На основе этого строится описание поведения.

**Формулировка роли тренда и сезонности в прогнозировании.** Для проведения технического анализа необходимо определить такие составляющие, как тренд и сезонность.

*Тренд.* Если временной ряд содержит тренд, то его вид можно представить следующим образом:

$$y_i = \alpha + f(t) + E_t. \quad (1)$$

Здесь ряд представлен в виде композиции детерминированной составляющей  $\alpha + f(t)$  и случайной составляющей, являющейся стационарным временным рядом с нулевым средним. Часто встречаются такие примеры тренда: линейный, квадратичный, экспоненциальный [2].

Для того чтобы выделить тренд в модели с линейным трендом, можно применить обычную технику оценивания параметров регрессионных уравнений, считая  $t$  независимой переменной. После этого мы получим ряд остатков, для описания которого можно будет применить модели стационарных временных рядов [2].

*Сезонность.* В экономических данных часто встречается сезонная компонента.

Сезонность – изменения динамических рядов, имеющих внутригодовую цикличность, зависящие от календарного периода года, явлений природы, праздников и др. Например, объем продаж продукции меховой фабрики вырастет в октябре, в ноябре достигнет максимума, снизится к марту, и затем до сентября – октября будет держаться на очень низком уровне [2].

Явления, подверженные сезонным изменениям, необходимо исследовать на предмет наличия основной тенденции развития. Для этого необходимо распределить объем изменения явления между сезонной составляющей и основной тенденцией. Изучение и измерение сезонности ряда динамики осуществляются с помощью специального показателя – индекса сезонности [5].

Например, в квартальных данных может наблюдаться сезонная компонента:

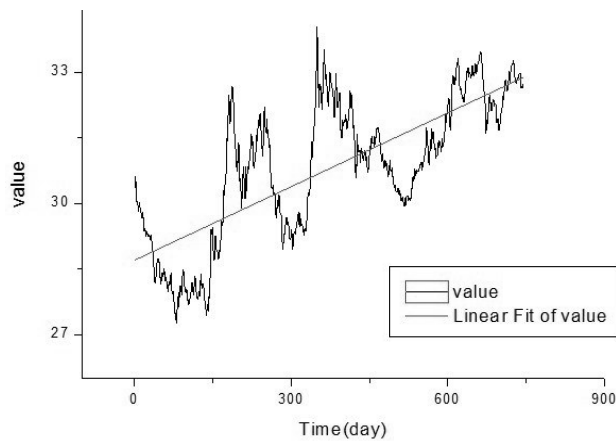
$$y_i = S(t) + E_t. \quad (2)$$

Здесь ряд представлен в виде композиции периодической детерминированной составляющей  $S(t)$  (сезонная компонента) и случайной составляющей, являющейся стационарным временным рядом с нулевым средним [5]. В случае наличия сезонной компоненты ее можно устранить:

$$E_t = y_i - S(t). \quad (3)$$

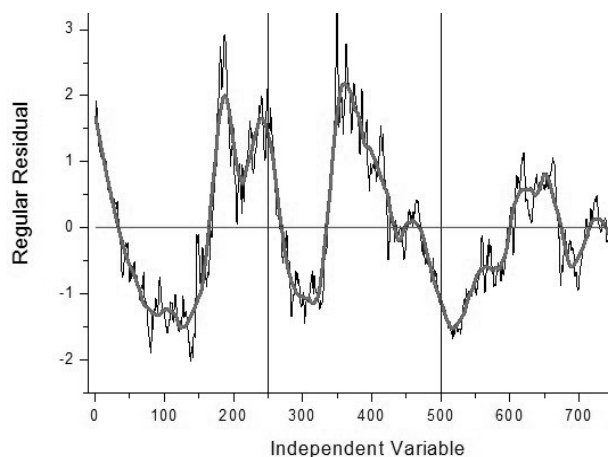
**Проведение технического анализа.** Используя данные динамики курса валют USD/RUB за 2012–2014 гг., полученные на сайте Центрального банка Российской Федерации, и программное обеспечение для анализа и обработки данных OriginPro [4], построим необходимые графики для технического анализа.

Для определения тренда необходимо произвести линейное сглаживание данных. Выбрав в программе режим Analysis/FitLinear и указав необходимые нам столбцы с данными, производим линейное сглаживание (рис. 1).



После того как мы определили тренд, его необходимо исключить, используя ранее обозначенные формулы, получим выражение (2).

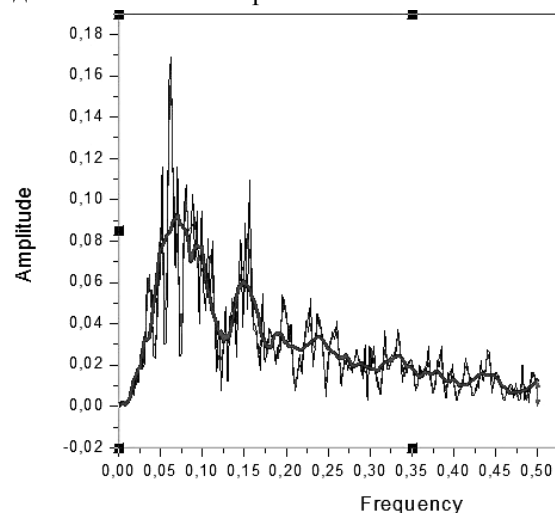
Рис. 1. График линейного сглаживания данных динамики курса валют USD/RUS



Далее нам необходимо определить сезонную составляющую. Строим график по полученным нами значениям и производим сглаживание, указав в режиме Analysis / Smoothing окно, равное 55, для более точного отображения сезонности (рис. 2).

Рис. 2. Отображение сезонной составляющей

Определив сезонную составляющую, мы можем исключить ее и вычислить оставшуюся случайную составляющую, используя выражение (3). По полученному нами графику наиболее удобно выделять экстремумы, необходимые для дальнейших этапов работы.



В режиме Analysis/FFT для найденных данных случайной составляющей, получаем значения амплитуды и частот. После чего строим график и сглаживаем полученные нами значения амплитуды, используя режим Smoothing, в котором указываем разные значения окна для просмотра более точного результата (рис. 3).

Рис. 3. Сглаженные значения амплитуды и частот

**Заключение.** На данном этапе работы был проведен технический анализ, по результатам которого были построены графики, отображающие значения тренда, сезонности и случайной составляющей. Полученные результаты помогут в дальнейшем:

1. Определить интересующий нас временной интервал.
2. Провести предварительную обработку данных.
3. Сформировать входные множества.
4. Выбрать структуру нейронной сети.
5. Обучить нейронную сеть.
6. Адаптировать предсказание и принятие решений.

#### **Литература**

1. Бэстэнс Д.Э., Вуд Д. Нейронные сети и финансовые рынки: принятие решений в торговых операциях. М.: ТВП, 1997. 236 с.
2. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе. М: МИФИ, 1998. 224 с.
3. Эрлих А. Технический анализ товарных и фондовых рынков. М.: Юнити, 1996.
4. Обзор российского рынка нейросетевых технологий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.chat.ru/~vlasov>, свободный (дата обращения: 20.09.2015).
5. Применения нейрокомпьютеров в финансовой деятельности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.user.cityline.ru/~neurnews/primer/finance.htm>, свободный (дата обращения: 22.09.15).

УДК 300.35

#### **ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЫНОК ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ГЕОДЕЗИИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PEST-АНАЛИЗА**

*А.И. Назарова, Д.И. Рубанов*

Предложено использовать PEST-анализ для выявления факторов, влияющих на рынок информационных систем в области геодезии. Использована экспертная оценка для реализации PEST-анализа. Рассчитан коэффициент конкордации для выяснения согласованности мнения экспертов. Вычислена средняя оценочная величина по каждой группе факторов.

**Ключевые слова:** рынок информационных систем в области геодезии, PEST-анализ, экспертная оценка, коэффициент конкордации, геоинформационная система WGS4.

**Геоинформационная система WGS4.** Геоинформационные системы в настоящее время являются неотъемлемой частью жизни любого человека хотя бы потому, что 85% информации, с которой сталкивается человек в своей жизни, имеет территориальную привязку [1]. Основываясь на постоянной актуальности и востребованности геоинформационных систем, в ТУСУРе была создана геоинформационная система WGS4, представляющая собой готовое решение для формирования и мониторинга объектов электронного генерального плана, ориентированная на инженерную инфраструктуру [2].

В целях увеличения коммерческой выгоды от проекта была поставлена задача продвижения геоинформационной системы WGS4 на отечественный рынок. В качестве одного из предложенных методов продвижения стало внедрение системы в новые отрасли, в том числе в отрасль геодезии. Для того чтобы снизить риски при вхождении системы на новый рынок, было принято решение о необходимости проведения исследований рынка, где первым этапом становится выявление факторов, оказывающих наибольшее влияние на рынок геоинформационных систем в области геодезии.

**Использование PEST-анализа.** Для выполнения поставленной задачи встала необходимость проведения PEST-анализа, представляющего собой простой и удобный метод для анализа макросреды предприятия и оценки ключевых рыночных тенденций в отрасли [3]. Для его реализации были выполнены следующие задачи: выявлены факторы для каждой группы показателей и проведен жесткий отбор необходимых для оценки факторов. По окончании отбора была проведена экспертная оценка. Экспертами в работе стали: В.Н. Поцелуев (старший преподаватель ТПУ), Н.В. Кончакова (старший преподаватель ТПУ, кандидат геолого-минералогических наук), В.М. Лазарев (преподаватель ТГАСУ, зав. кафедры геодезии, кандидат технических наук).

**Использование экспертной оценки для решения задачи.** Для корректной экспертной оценки перед экспертами были поставлены задачи: выставить каждой группе факторов ранг от 0 до 1 и оценить влияние каждого фактора из группы факторов (1 – не влияет; 2 – слабо влияет; 3 – умеренно влияет; 4 – сильно влияет; 5 – очень сильно влияет). Результаты экспертной оценки представлены в табл. 1.

**Вычисление коэффициента конкордации.** Для того чтобы проверить, насколько мнение экспертов в ранжировании групп факторов было согласованным, следует использовать коэффициент конкордации, который является мерой согласованности мнений экспертов. Коэффициент конкордации вычисляют по формуле

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - mB}, \quad (1)$$

где  $S$  – сумма квадратов разностей рангов (отклонений от среднего);  $m$  – число экспертов в группе;  $n$  – число факторов;  $B = \sum_{k=1}^z (B_k^3 - B_k)$ , где  $B_k$  – количество связанных рангов,  $k = 1, \dots, z$ .

В результате составления сводной матрицы рангов (на основании переформирования рангов), вычисления суммы рангов по каждому фактору, нахождения среднего значения ранга, отклонения от среднего значения ранга и суммы квадрата отклонения была вычислена величина  $S$ , равная 31,5. Исходя из этого, значение коэффициента конкордации равняется 0,75. Поскольку значение коэффициента конкордации выше значения 0,7, можно считать качество оценки высоким.

**Нахождение средней оценочной величины.** После нахождения качественного значения коэффициента конкордации необходимо усреднить оценку экспертов для создания единой экспертной оценки с помощью формулы среднего арифметического. Полученные результаты отображены в табл. 2.

Таблица 1

## Влияние факторов на информационные системы в области геодезии.

## Результаты оценки экспертов

Факторы	В.М. Лазарев		Н.В. Кончакова		В.Н. Поцелуев	
	Оценка	Ранг	Оценка	Ранг	Оценка	Ранг
Политические факторы						
1. Выборы нового президента	1	0,2	2	0,1	2	0,1
2. Вступление государства в различные негосударственные структуры	1		2		1	
3. Мировой кризис	4		3		3	
4. Нормы законодательства	2	0,2	5	0,1	3	0,1
5. Уровень бюрократии	5		2		1	
6. Уровень коррупции	2		2		1	
7. Законодательство в области труда и соц. помощи населению	1		2		3	
Экономические факторы						
1. Динамика ВВП	2	0,2	3	0,3	3	0,6
2. Инфляция	5		3		1	
3. Динамика ставки рефинансирования банка	2		3		2	
4. Повышение цен у поставщиков	5		5		3	
5. Снижение покупательской способности у потребителей	5		4		3	
6. Темпы роста экономики	2		5		4	
7. Уровень безработицы	1		3		2	
8. Ситуация на рынке труда	1		3		3	
9. Стоимость труда	4		3		3	
Социально-культурные факторы						
1. Численность населения	1	0,1	2	0,2	4	0,1
2. Образованность населения	1		4		4	
3. Отношение к работе и труду	2		3		2	
4. Изменения в базовых ценностях	1		3		3	
5. Влияние СМИ	2		4		4	
6. Отношение к религии	1		1		1	
Технологические факторы						
1. Тенденции НИОКР	4	0,5	5	0,4	2	0,2
2. Новые патенты	4		5		2	
3. Влияние Интернета	4		5		4	
4. Влияние мобильных технологий	4		5		4	
5. Создание новых ИС в данной области	5		5		4	
6. Инновации в информационных технологиях, позволяющих эффективно конкурировать на рынке	5	0,5	5	0,4	4	0,2



Таблица 2

**Влияние оценки экспертов на информационные системы в области геодезии**

Факторы	Оценка	Ранг
<i>Политические факторы</i>		
1. Выборы нового президента	2	0,135
2. Вступление государства в различные негосударственные структуры	1	
3. Мировой кризис	3	
4. Нормы законодательства	3	
5. Уровень бюрократии	3	
6. Уровень коррупции	2	
7. Законодательство в области труда и соц. помощи населению	2	
	Среднее: 2,3	Итог: 0,311
<i>Экономические факторы</i>		
1. Динамика ВВП	3	0,365
2. Инфляция	3	
3. Динамика ставки рефинансирования банка	2	
4. Повышение цен у поставщиков	4	
5. Снижение покупательской способности у потребителей	4	
6. Темпы роста экономики	4	
7. Уровень безработицы	2	
8. Ситуация на рынке труда	2	0,365
9. Стоимость труда	3	
	Среднее: 3	Итог: 1,095
<i>Социально-культурные факторы</i>		
1. Численность населения	2	0,135
2. Образованность населения	3	
3. Влияние СМИ	3	
4. Изменения в базовых ценностях	2	
5. Отношение к религии	1	
6. Отношение к работе и труду	2	
	Среднее: 2,17	
<i>Технологические факторы</i>		
1. Тенденции НИОКР	4	0,365
2. Новые патенты	4	
3. Создание новых ИС в данной области	5	
4. Влияние Интернета	4	
5. Влияние мобильных технологий	4	
6. Инновации в информационных технологиях, позволяющих эффективно конкурировать на рынке	5	
	Среднее: 4,3	Итог: 1,582

**Заключение.** Наиболее влияющими на рынок информационных систем в области геодезии группами факторов являются технологическая и экономическая группы факторов.

### Литература

1. Области применения ГИС-технологий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gistechinik.ru/primgis.html>, свободный (дата обращения: 28.09.2015).
2. Автоматизация технологий формирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры / Ю.П. Ехлаков, Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский // Доклады ТУСУРа. Томск, 2013. № 3(27). С. 100–105.
3. PEST-анализ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://powerbranding.ru/biznes-analiz/pest/>, свободный (дата обращения: 28.09.2015).

УДК 681.5.09

### ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

*В.А. Онуфриев, Н.В. Пермякова*

Рассматривается подход к управлению рисками в системах автоматического управления (САУ). Выделены два типа рисков, которые могут возникнуть при эксплуатации САУ. Выделены возможные рискообразующие факторы. Описана методика получения оценки риска, приведены примеры шкал, использующихся при оценивании рисков. Предложенная методика может быть применена в управлении рисками разнообразных предметных областей.

**Ключевые слова:** системы автоматического управления, управление рисками, оценка рисков, качественная оценка рисков, количественная оценка рисков.

С развитием техники и технологий задача настройки промышленных систем автоматического управления (САУ) становится все более актуальной, т.к. возрастают требования к качеству, безопасности и надежности управления производственными процессами, характеризующимися разработкой все усложняющихся объектов управления. В этих условиях отклонение от регламентов влечет за собой большие материальные и временные потери, которые возникают как вследствие работы объектов в неоптимальных режимах, так и вследствие необходимости проведения частых регламентных работ по настройке регуляторов [1]. Традиционно вопросы безопасности функционирования САУ рассматриваются в теории надежности. В данной статье сделана попытка рассмотреть эту проблему как задачу управления рисками в производственно-технологических системах управления, предложена методика оценки рисков.

Под **риском** будем понимать наступление события, которое может возникнуть и негативно повлиять на работоспособность САУ. В качестве основных рисков, возникающих при эксплуатации САУ, предлагается выделить:

- отказ системы, что означает ее выход из строя либо временное прекращение ее функционирования;
- отклонение одного или нескольких параметров САУ от требуемых (регламентных) значений.

Появление каждого из рисков возможно при наличии условий или явлений, способствующих их возникновению. Такие явления принято называть **рискообразующими факторами**. В литературе существует множество классификаций рискообразующих факторов применительно к различным областям управления

рисками. Для задачи управления рисками в САУ рискообразующими факторами, способствующими возникновению рисков, можно назвать:

- нарушения условий эксплуатации регуляторов (ошибки в работе программного обеспечения);
- неправильные настройки регуляторов, входящих в САУ (низкая квалификация инженерно-технического персонала);
- постепенное старение/износ системы (выход из строя отдельных элементов САУ);
- нарушение условий эксплуатации САУ (сбой в электропитании, сбой в работе регуляторов);
- изменение физических свойств объекта управления (например, нарастание слоя накипи на котлах).

В [2] отмечается, что процесс управления рисками включает следующие логически взаимосвязанные этапы: идентификация рисков, анализ рисков, планирование рисков, мониторинг и управление рисками. Необходимо отметить, что описанные этапы являются логическими шагами и не обязательно должны следовать друг за другом в строгом хронологическом порядке. Основными этапами методики оценки рисков являются идентификация рисков, качественное и количественное описание рискообразующих факторов, оценка рейтинга рисков в зависимости от возможности проявления рискообразующих факторов и их воздействия на риски; оценка рисков при эксплуатации САУ.

**Идентификация рисков.** Идентификация – этап, позволяющий выявить и коллективно обсудить возможность проявления риска и рискообразующих факторов, способных повлиять на цели проекта, документально описать результаты в виде логически увязанных их характеристик.

В [2] рекомендуют описание каждого из факторов риска проводить на естественном языке с разъяснением причинно-следственной связи между реально существующей причиной и потенциально возможным, еще не случившимся событием или ситуацией по схеме: «условия возникновения – последствия проявления – влияние на результат».

**Качественное и количественное описание рисков.** Для проведения количественной оценки и анализа влияния фактора на результаты функционирования САУ необходимо определить вероятность проявления фактора и уровень негативных последствий от него (ущерба, убытков, потерь). Учитывая высокую степень неопределенности, описание рискообразующих факторов целесообразно проводить в качественных шкалах, а для их количественной интерпретации использовать интервальные оценки (табл. 1). Оценки вероятности, воздействий и возможных потерь в виде процентов отклонения от целевых показателей функционирования должны быть проведены по каждому из выделенных рискообразующих факторов.

Приведенные выше интервалы оценивания, названия интервалов и значения границ интервалов являются примерными и могут изменяться в зависимости от особенностей САУ.

Результаты этапа предлагается оформить в виде таблицы (табл. 2).

При заполнении таблицы эксперты могут оперировать как названиями интервалов (см. табл. 1), так и точечными оценками.

Таблица 1

**Количественное оценивание рискообразующих факторов**

Показатели	Интервалы оценивания				
Вероятность проявления фактора	Очень низкая	Низкая	Умеренная	Высокая	Очень высокая
	< 0,15	0,1–0,4	0,2–0,6	0,5–0,9	> 0,8
Воздействие фактора на риск	Незначительное	Умеренное	Высокое	Критичное	Катастрофическое
	< 0,15	0,1–0,4	0,2–0,6	0,5–0,9	> 0,8
Возможные потери от снижения качества функционирования САУ	Незначительные	Умеренные	Высокие	Критичные	Катастрофические
	Потери менее 15%	Потери от 10 до 40%	Потери от 20 до 60%	Потери от 50 до 70%	Потери более 65%

Таблица 2

**Шаблон качественного описания рискообразующих факторов**

Фактор	Вероятность	Воздействие	
		Отказ системы	Отклонение параметров
Описание фактора	Оценка вероятности наступления фактора	Оценки воздействия фактора на риски	

**Оценка рейтинга рисков в зависимости от вероятности проявления рискообразующих факторов и их воздействия на риски.** В [2] при управлении рисками проекта рекомендуется проранжировать рискообразующие факторы, выделяя при этом низкий, средний или высокий рейтинги.

В [3, 4] предлагается оценивать рейтинги рискообразующих факторов в баллах от 1 до 10 (табл. 3).

Таблица 3

**Шкала оценки рейтинга рискообразующих факторов**

Степень влияния	Низкий	Средний	Высокий
Баллы	0–4	3–8	7–10

Рейтинг каждого рискообразующего фактора определяется в зависимости от вероятности его наступления и воздействия на риски [2, 3] и задается экспертами, исходя из особенностей САУ. Для задачи оценки рисков при эксплуатации САУ определена зависимость рейтинга рискообразующих факторов от вероятности их наступления и воздействия (табл. 4).

Таблица 4

**Матрица «вероятность–воздействие»**

Воздействие фактора	Катастрофическое	Средний	Средний	Высокий	Высокий	Высокий
	Критичное	Низкий	Средний	Высокий	Высокий	Высокий
	Высокое	Низкий	Низкий	Средний	Высокий	Высокий
	Умеренное	Низкий	Низкий	Низкий	Средний	Средний
	Незначительное	Низкий	Низкий	Низкий	Низкий	Средний
Рейтинг рискообразующего фактора		Очень низкий	Низкий	Умеренный	Высокий	Очень высокий
		Возможность реализации фактора				

**Оценка рисков при эксплуатации САУ.** После выполнения предыдущего этапа определен рейтинг каждого рискообразующего фактора. Для получения оценки рисков эксплуатации САУ необходимо выполнить интерпретацию последствий проявления рискообразующих факторов, связав рейтинг рискообразующего фактора с вероятностью наступления риска (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

**Последствия наступления факторов риска**

Фактор	Рейтинг фактора	Отказ системы, что означает ее выход из строя либо временное прекращение ее функционирования	Отклонение одного или нескольких параметров САУ от требуемых (регламентных) значений
Наименование фактора	Низкий	Вероятность отказа системы при низком рейтинге фактора	Вероятность появления отклонений параметров САУ при низком рейтинге фактора
	Средний	Вероятность отказа системы при среднем рейтинге фактора	Вероятность появления отклонений параметров САУ при среднем рейтинге фактора
	Высокий	Вероятность отказа системы при высоком рейтинге фактора	Вероятность появления отклонений параметров САУ при высоком рейтинге фактора

**Управление рисками в САУ.** Опираясь на полученные оценки рисков и рискообразующих факторов, можно выбрать стратегию реагирования на риск – принять риск, уклониться от риска, снизить риск, передать риск [2]. Выбор стратегии реагирования является основной задачей управления рисками. В зависимости от выбранной стратегии планируются мероприятия, позволяющие уменьшить вероятность наступления риска, либо, если риск все-таки произошел, минимизировать негативные последствия от его наступления.

**Заключение.** В результате применения предложенного подхода по управлению рисками в САУ можно получить оценки рисков и рискообразующих факторов как в качественных, так и в количественных категориях. Анализ полученных рейтингов рискообразующих факторов может быть полезен при выборе мероприятий, которые направлены на снижение риска и предотвращение возникновения происшествий в ходе производственной деятельности.

Однако у предложенного подхода есть недостаток. Специалисты по управлению рисками вынуждены обобщать полученные результаты (см. табл. 5) самостоятельно, основываясь на своем опыте и интуиции. При этом задача усложняется, если на этапе идентификации определено большое количество рискообразующих факторов. Этот недостаток легко исправить, применив методы нечеткой логики для расчета вероятностей наступления рисков в зависимости от «вкладов» всех рискообразующих факторов [5]. Методы нечеткой логики не чувствительны к количеству входных данных и могут работать с переменными, значения которых заданы качественными категориями [6]. Работа выполнена в рамках государственного задания, проект № 3653.

#### Литература

1. Гончаров В.И. Синтез регуляторов импульсных систем автоматического управления численным методом / В.И. Гончаров, В.А. Онуфриев // Theory and practice in the physical, mathematical and technical sciences. London: IASHE, 2012. 108 с.

2. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK). 4-е изд. М.: Project Management Institute, 2013. 586 с.
3. Архипенков С. Лекции по управлению программными проектами. 2009 [Электронный ресурс]. URL: [http://citforum.ru/SE/project/arkhipenkov\\_lectures/](http://citforum.ru/SE/project/arkhipenkov_lectures/) (дата обращения: 20.08.2015).
4. Авдошин С.М., Песоцкая Е.Ю. Информатизация бизнеса. Управление рисками. М.: ДМК-Пресс, 2011. 176 с.
5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее роль в принятии приближенных решений. М.: Мир, 1976. 168 с.
6. Ехлаков Ю.П. Алгоритмическое обеспечение поддержки принятия решений по управлению рисками программных проектов / Ю.П. Ехлаков, Н.В. Пермякова // Научный вестник Новосиб. гос. техн. ун-та. 2014. № 2 (55). С. 122–131.

УДК 004

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТОВ**

*М.А. Шишанина, П.И. Усачева, В.О. Реннер, А.А. Усов, К.В. Соломин*

Выделены особенности процесса разработки программного продукта. Разработана модель онтологии управления рисками программных продуктов. Описаны понятия предметной области онтологии.

**Ключевые слова:** управление рисками, онтология, системы поддержки принятия решений, базы данных, базы знаний.

Процесс разработки рыночного программного продукта является высокорискованным бизнесом, о чем свидетельствует статистика, представленная в [1], где отмечается, что только 35% проектов завершились в срок, реализовали все требуемые функции и возможности и не превысили запланированный бюджет.

Исходя из вышеприведенной статистики, можно предположить, что в процессе управления программным проектом (далее ПП) возникают события или явления, которые негативно влияют на степень достижения целей проекта, т.е. риски. В этих условиях логично встает задача – управления рисками ПП. Эффективность задачи управления рисками будет зависеть от опыта и знаний, накопленных в процессе работы над другими проектами. При этом важно не только идентифицировать сам риск, но также выявить меры, препятствующие его появлению.

Следовательно, возникает потребность в описании знаний экспертов и должном представлении для эффективного использования в процессе управления рисками. Понятие «знание» тесно связано с понятием «данные» и «информация». На сегодняшний день активно используется следующая иерархия, представленная в [2]: **данные – информация – знания**. При этом данные – неупорядоченные символы, рассматриваемые безотносительно к какому-либо контексту. Информация – выделенная и упорядоченная часть базы данных (далее – БД), обработанная для использования. Знание – выявленные тенденции или существенные связи между фактами и явлениями, представленные в информации. Каждый элемент иерархии служит основой для последующего получения элементов более высокого качества знаний.

В системах управления знаниями в качестве перспективного направления выделяется онтология как методология описания и использования знаний о предметной области исследования. Модель онтологии управления рисками ПП представлена на рис. 1.

В данной связи целесообразно описать все множество понятий, используемых в онтологии:

1. Проект – комплекс взаимосвязанных работ, выполняемых командой с целью получения уникального ПП или услуги, имеющая начало и конец во времени, при заданных ограничениях по ресурсам и срокам, а также требованиям к качеству и допустимому уровню риска.

2. Риск – событие или явление, которое может возникнуть в процессе реализации ПП и негативно повлиять на степень достижения целей проекта.

3. Рискообразующий фактор – причины (процессов или явлений), способствующие возникновению риска и поясняющие, почему наступление риска неизбежно.

4. Стратегия – конкретный способ действия, принятый командой ПП для управления риском: принятие, уклонение, передача, снижение риска.

5. Мероприятия – совокупность действий, направленных на управление риском. При описании мероприятий необходимо определить исполнителей данного мероприятия, сроки его реализации и ресурсы.

6. Репозиторий онтологии о проектах – совокупность знаний, накапливаемых менеджерами при управлении рисками в выполненных ранее проектах.



Рис. 1. Модель онтологии управления рисками ПП

При описании и оценке рисков (определение вероятности наступления риска) ПП и рискообразующих факторов используются накопленные знания экспертов об управлении проектами.

Для представления интеллектуальной системы поддержки принятия решения при управлении рисками программных проектов была разработана модель (рис. 2), которая описывает функциональные блоки процесса управления рисками.

Общесистемный модуль включает в себя модуль авторизации и управления и модуль ведения справочников и классификаторов. Модуль авторизации и управления предполагает возможность фиксации информации о проекте: жизненный цикл проекта, рискообразующие факторы, последствия и т.д. Данная ин-

формация служит основой для дальнейшей оценки рисков проекта, а впоследствии будет накапливаться в репозитории онтологии о проектах. Репозиторий позволит избежать повторного ввода информации о проекте при оценке аналогичных проектов.

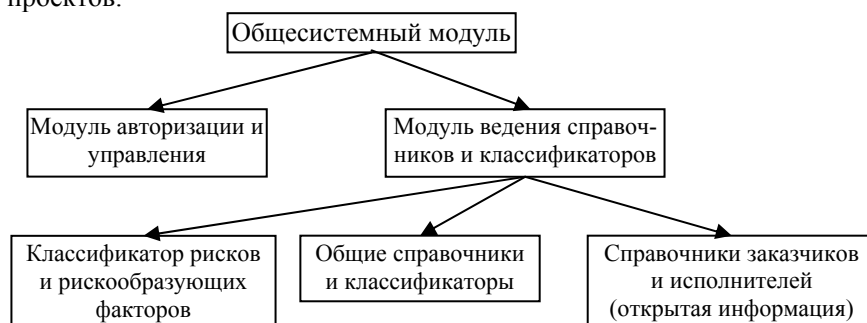


Рис. 2. Структура общесистемного модуля

Модуль ведения справочников и классификаторов отвечает за работу с базой данных. С помощью данного модуля можно создавать, удалять и редактировать информацию, являющуюся основой информационной системы. Модуль работает с тремя основными разделами базы данных: классификатор рисков и рискообразующих факторов; общие справочники и классификаторы; справочники заказчиков и исполнителей.

Раздел «Классификатор рисков и рискообразующих факторов» содержит в себе информацию о каждом рискообразующем факторе: условия его возникновения, его влияние, оказываемое на проект, на какие сферы проекта он воздействует, какие последствия он несет за собой. Классификация рискообразующих факторов представлена в [3].

Раздел «Общие справочники и классификаторы» содержит в себе информацию о мероприятиях устранения негативных последствий от рисков, о методах реагирования на риски, информацию о возможных интервалах шкал оценок вероятности возникновения рискообразующих факторов и воздействия факторов на цели проекта. Интервалы шкалы оценивания представляют собой качественный и количественный способы оценки. Например, вероятность возникновения определенного рискообразующего фактора может быть определена пользователем как точечная оценка «0,6» или как интервальная оценка «средняя», от 0,3 до 0,7. Аналогичным образом может быть оценено воздействие факторов на цели проекта.

Раздел «Справочники заказчиков и исполнителей» содержит в себе накопленную во время использования системы информацию о проектах. Сохраняется информация о направлении деятельности проекта, о рискообразующих факторах, выбранных при управлении рисками проекта, об их оценках, сделанных пользователем, и оценках, полученных в системе, о методе реагирования и мероприятиях, понижающих вероятность наступления риска или снижающих негативные последствия его наступления, предложенных системой. Эти справочники и классификаторы являются частью базы знаний разрабатываемой системы.

Модуль поддержки принятия решения реализует основную функцию системы – предлагает пользователю решения по управлению рисками (рис. 3).

Модуль формирования противорисковых мероприятий (экспертная подсистема) формирует упорядоченный список противорисковых мероприятий. На основе рассчитанной системой оценки интегрального риска на текущем этапе жиз-



ненного цикла модуль выбирает стратегию реагирования на риск (уклонение, передача, принятие, снижение) [1]. Опираясь на накопленные знания во время предыдущих успешных использований системы, а также информацией о проекте, описанной пользователем (менеджером проекта) и текущими рискообразующими факторами, система составляет список противорисковых мероприятий. Также данный модуль включает в себя подсистему оценивания эффективности предложенных мероприятий для конкретного проекта на конкретном этапе жизненного цикла. По данному показателю можно ранжировать список мероприятий или же отбирать наиболее значимые и эффективные.

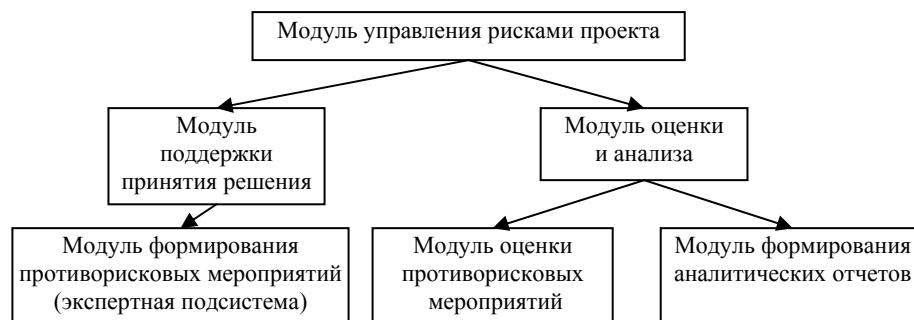


Рис. 3. Структура модуля управления рисками проекта

Модуль формирования противорисковых мероприятий является экспертной подсистемой, т.е. результаты его работы основываются на знаниях, в том числе на знаниях, полученных в процессе эксплуатации системы.

Модуль оценки и анализа разрабатываемой системы включает в себя:

- подсистему оценивания интегрального риска;
- подсистему оценивания эффективности противорисковых мероприятий.

Подсистема оценивания интегрального риска реализует три математические модели получения оценки: нечеткую модель оценивания [4, 5]; моделирование оценки с помощью метода Монте-Карло [1]; модель оценивания интегрального риска по графу функциональных зависимостей [6]. Пользователь системы может выбрать один из способов оценивания либо воспользоваться всеми способами. Результаты оценивания передаются в модуль формирования аналитических отчетов, который выполняет графическую интерпретацию, представляя полученную информацию в виде диаграмм и графиков.

Подсистема оценивания противорисковых мероприятий позволяет пользователям системы оценить эффективность предложенных мероприятий по управлению рисками проекта. Результаты оценивания передаются в модуль оценки противорисковых мероприятий, который является одной из частей репозитория онтологии о проектах.

Модули, представленные на рис. 2 и 3, взаимосвязаны между собой. Информация о проекте вводится изначально в общесистемный модуль и поступает в модуль управления рисками проекта для обработки, оценки и принятия решения.

Подводя итог по сказанному выше, стоит отметить, что создание интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) является актуальным на современном рынке программных продуктов и проектов, особенно для малых предприятий отрасли. Это обосновано, прежде всего, отсутствием достаточной

компетенции разработчиков по управлению рисками, невозможностью привлечения сторонних специалистов из-за ограниченности бюджета.

На данный момент в рамках группового проектного обучения группой «АОИ-1503 – Управление рисками программных проектов с коротким жизненным циклом» была разработана и утверждена классификация рисков и рискообразующих факторов, разработана концептуальная модель базы данных, в которой будет храниться информация, обрабатываемая в ИСППР. В качестве СУБД была выбрана PostgreSQL как свободно распространяемая СУБД с возможностью создания облачной БД, в качестве средства для создания редактора БД был выбран язык программирования C#.

#### **Литература**

1. Авдошин С.М., Песоцкая Е.Ю. Информатизация бизнеса. Управление рисками. М.: ДМК Пресс, 2011. 176 с.
2. Тузовский А.Ф. Системы управления знаниями (методы и технологии) / А.Ф. Тузовский, С.В. Чириков, В.З. Ямпольский; под общ. ред. В.З. Ямпольского. Томск: Изд-во НТЛ, 2005. 260 с.
3. Ехлаков Ю.П. Классификация и описание рискообразующих факторов при создании программных продуктов / Ю.П. Ехлаков // Доклады ТУСУРа. 2013. № 3(29). С. 142–147. (электронный адрес: <http://www.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2013-29-3/124.pdf>).
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее роль в принятии приближенных решений. М.: Мир, 1976. 168 с.
5. Ехлаков Ю.П. Нечеткая модель оценки рисков продвижения программных продуктов / Ю.П. Ехлаков, Н.В. Пермякова // Бизнес-информатика. 2014. № 2(28). С. 69–78.
6. Силич М.П. Системная технология: объектно-ориентированный подход. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. 224 с.

УДК 004.738

#### **ИНТЕГРАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ «ВЕБ-ГИС ВУЗА» И АИС «КОНТИНГЕНТ»**

*М.А. Зайцев, И.В. Складов*

Обоснована задача интеграции систем «Веб-ГИС вуза» и АИС «Контингент». Приведена технология SOAP в качестве решения данной задачи. Представлено решение интеграции двух систем. Показана эффективность описанной технологии при их интеграции.

**Ключевые слова:** ГИС, Веб-ГИС вуза, АИС «Контингент», интеграция, SOAP.

**Актуальность интеграции.** На крупных предприятиях информационная система может насчитывать сотни или даже тысячи программных продуктов, выполняющихся под управлением различных операционных систем. Такое количество бизнес-приложений обуславливается, прежде всего, тем, что распределение бизнес-функций между несколькими программами позволяет компаниям более эффективно решать поставленные задачи.

Современные программные продукты разрабатываются для решения конкретной задачи. Однако в ходе создания или эксплуатации, в связи с различными причинами, может потребоваться расширение функциональности бизнес-приложения [1]. Решить эту проблему можно путем добавления в программу необходимых функций, но тогда может возникнуть проблема определения четких границ предметной области приложения.

Именно поэтому для поддержания общих бизнес-процессов, а также совместного использования данных несколькими приложениями последние необходимо интегрировать. Основной целью интеграции является обеспечение эффективного, надежного и безопасного обмена данными между интегрируемыми приложениями [2]. В статье в качестве примера будут рассмотрены два программных продукта: «Веб-ГИС вуза» и АИС «Контингент».

**Решение задачи интеграции «Веб-ГИС вуза» и АИС «Контингент».** «Веб-ГИС вуза» представляет собой геоинформационную систему, которая предназначена для работы с поэтажными планами зданий высшего учебного заведения, разработанную на основе клиент-серверной трехуровневой архитектуры, которая предусматривает:

1. Сервер, обеспечивающий эффективное взаимодействие с базой пространственных данных путем обмена запросами.
2. Средства создания фрагмента карты, позволяющие встроить его в веб-страницу.
3. Клиентскую часть, предоставляющую удаленным пользователям возможность работы с атрибутивными данными при помощи набора инструментов [3].

АИС «Контингент» является программным продуктом, основным назначением которого является ведение базы данных с информацией по студентам. Данные сведения являются строго конфиденциальными, поэтому система обладает высокой степенью защиты.

При разработке программного продукта «Веб-ГИС вуза» возникла необходимость в дополнительном функционале: отображение атрибутивных данных студентов и возможность их записи в электронные документы. По соображениям безопасности данные студентов из АИС «Контингент» не должны храниться на сервере «Веб-ГИС вуза», поэтому было принято решение об их интеграции при помощи обмена сообщениями технологии SOAP.

SOAP – протокол обмена структурированными сообщениями в распределённой вычислительной среде, созданный в 1998 г. командой разработчиков под руководством Дейва Винера, работавшей в корпорации Microsoft.

Сейчас протокол используется для обмена произвольными сообщениями в формате XML, т.е. SOAP не различает вызов процедуры и ответ на него, а просто определяет формат послания. Сообщения, которыми обмениваются клиент и сервер, называются SOAP-конвертами. Структура SOAP-конверта представлена в виде разделов. Основной раздел – Envelop, включает в себя разделы Header и Body либо Fault. В Body передаются данные, и он является обязательным разделом конверта, в то время как Header является опциональным. В Header может передаваться авторизация или иные данные, которые напрямую не относятся к входным данным процедур веб-сервиса. Fault содержится в ответе при возникновении ошибок [4].

SOAP может использоваться с любым протоколом прикладного уровня: SMTP, FTP, HTTP, HTTPS и др. Как правило, чаще всего используется поверх HTTP.

Основным недостатком использования SOAP для передачи сообщений является увеличение их объема и снижение скорости обработки. В системах, где скорость важна, чаще используется пересылка XML-документов через HTTP напрямую, где параметры запроса передаются как обычные HTTP-параметры.

**Результаты интеграции.** В результате интеграции были разработаны SOAP-клиент и SOAP-сервер, которые обеспечили необходимую функциональность «Веб-ГИС вуза», за счет отправки сообщений (рис. 1).

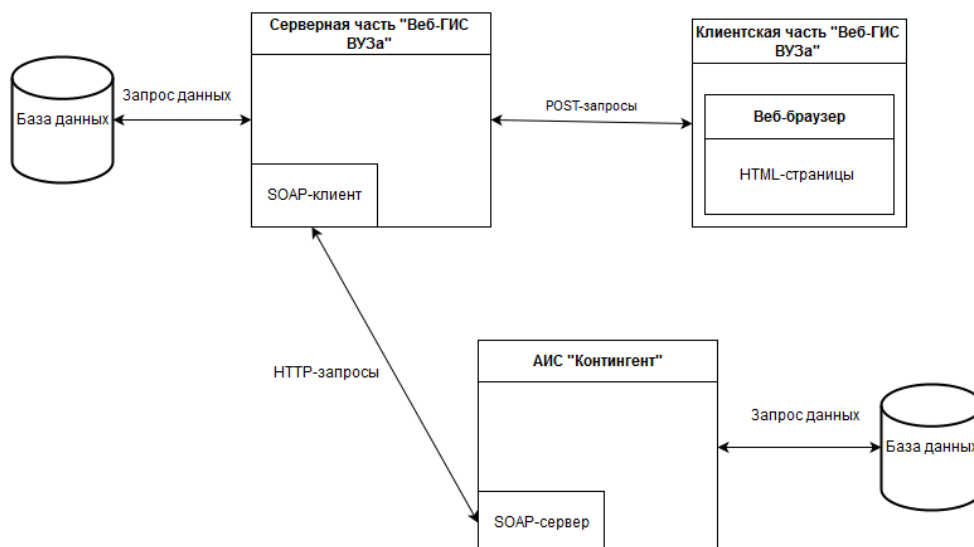


Рис. 1. Взаимодействие систем «Веб-ГИС вуза» и АИС «Контингент»

Алгоритм получения данных пользователем:

1. Пользователь совершает определенные действия с клиентом «Веб-ГИС вуза», для того чтобы получить данные по студентам.
2. Клиент «Веб-ГИС вуза», интерпретировав действия пользователя, отправляет POST-запрос серверу.
3. Сервер «Веб-ГИС вуза» обрабатывает полученный запрос и вызывает функцию в модуле SOAP-клиента.
4. SOAP-клиент отправляет запрос на авторизацию SOAP-серверу.
5. Если авторизация прошла, SOAP-клиент формирует запрос на получение данных и отправляет его SOAP-клиенту. Иначе выдает ошибку.
6. SOAP-сервер распознает полученное сообщение и вызывает необходимую функцию АИС «Контингент», которая ищет информацию в базе данных. После чего возвращает сообщение с необходимыми данными.
7. Получив необходимые данные, SOAP-клиент конвертирует их в понятный для сервера «Веб-ГИС вуза» формат и отправляет ему.
8. Сервер «Веб-ГИС вуза» отправляет данные клиенту, который отображает их.

**Закключение.** Результатами проделанной работы являются разработанные модель взаимодействия и программный модуль для интеграции «Веб-ГИС вуза» и АИС «Контингент». Реализованная технология позволила расширить функционал «Веб-ГИС вуза», при этом сохранив безопасность конфиденциальных данных по студентам. Учитывая простоту и надежность решения, продемонстриро-

ванные в этой статье, его можно использовать и в других подобных задачах интеграции систем.

### Литература

1. Хоп Г. Шаблоны интеграции корпоративных приложений / Г. Хоп, Б. Вульф. М.: Вильямс, 2007. 672 с.
2. Гриценко Ю.Б. Интерфейс взаимодействия геоинформационной технологии ведения электронного генерального плана со сторонними программными системами / Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский, И.В. Лазарев и др. // Доклады ТУСУРа. 2013. № 1 (27). С. 129–134.
3. Степанов А.В. Проблемы организации клиентской части в Web-ориентированных геоинформационных системах / А.В. Степанов, Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский // Электронные средства и системы управления. 2007. № 2. С. 251–253.
4. SOAP Версия 1.2 Ч. 0: учеб. для начинающих [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.w3.org/2002/07/soap-translation/russian/part0.html>, свободный (дата обращения: 25.09.2015).

УДК 004.453

### СИСТЕМА ОНЛАЙН-ОТЧЕТНОСТИ ПО SEO

*Ю.А. Стрельцов, А.В. Маслова*

Предложена система онлайн-отчетности по SEO (Search Engine Optimization) между заказчиком и исполнителем, сконструированная на основе «1С: Bitrix». Реализован защищенный канал для обмена данными по проделанной работе и ее результатам и прямого общения заказчика и исполнителя.

**Ключевые слова:** система отчетности, «1С: Bitrix», SEO.

В современных условиях работы в Интернете существует большое количество систем и онлайн-сервисов, которые дают возможность вести обмен отчетами. Эти сервисы обладают богатым функционалом и всем необходимым набором возможностей, но их объединяет один значительный недостаток: они все располагаются на сторонних ресурсах, где отсутствует возможность защиты от утечки корпоративных данных. Предлагаемая система отчетности будет располагаться на собственных ресурсах компании, которая предоставляет SEO-услуги.

За основу реализации системы онлайн-отчетности была взята CMS «1С: Bitrix». Это идеальное решение для выбранного нами проекта, так как «1С Битрикс» обладает высоким уровнем защиты, богатым набором готовых модулей, возможностью создания композитного сайта, что обеспечит максимально быструю работу с системой, и возможностью дальнейшей интеграции с популярными программами фирмы 1С.

В целом система онлайн-отчетности по SEO представляет собой не что иное, как пространство для обмена как документами, так и сообщениями. Так же присутствует возможность мониторинга в реальном времени уже выполненных работ и тех, что планируются на выполнение в ближайшее время. Все это располагается в личном кабинете заказчика и исполнителя.

У заказчика есть возможность вести хронологию отчетов по любому из проектов, который присутствует в системе, также интерфейс заказчика оборудован поиском и фильтром, что позволяет максимально быстро отыскать отчеты, например, за выбранный промежуток времени. Отображение плана работы по проекту на текущий месяц в режиме онлайн дает возможность заказчику следить за продвижением его проекта. Возможность общения с исполнителем позволяет по необходимости вносить корректировки или дополнять текущие мероприятия по проекту.

Особенно необходимо отметить, что у заказчика нет возможности лично вносить изменения в текущий план мероприятий по проекту. Все изменения или дополнения согласовываются с исполнителем, и уже он вносит их в свой план. Все эти изменения заказчик сможет увидеть из своего кабинета после их публикации.

Исполнитель обладает доступом ко всему функционалу системы. Первоначально он регистрирует в ней заказчика, присваивая ему логин и пароль, далее идет индивидуальная настройка личного кабинета заказчика, где последовательно и ведет все свои действия, фиксируя выполненные пункты плана. Далее подробно рассмотрим порядок и последовательность действий исполнителя:

1. Формирование личного кабинета заказчика для последующей работы над его проектом(ами) путем присваивания идентификационного имени и пароля для входа в систему.
2. Сбор информации по проекту и настройка личного кабинета заказчика путем создания плана работ на текущий месяц.
3. Регулярное уведомление заказчика о выполненных пунктах плана.
4. Работа с поступающими пожеланиями заказчика и корректировка, по необходимости плана работ текущего месяца исходя из пожеланий заказчика.
5. В конце отчетного периода исполнитель обязан предоставить заказчику в личный кабинет документ, который объединяет в себе отчет по принятому плану и полученным результатам работы.

Все эти данные являются важным инструментом для последующих работ с проектами, недопустимо их попадание к конкурентам, что и позволяет избежать система онлайн-отчетности по SEO. Основными ее преимуществами будут являться:

1. Простота использования за счет отсутствия функционала на стороне заказчика.
2. Большой уровень защищенности корпоративных данных за счет расположения системы на собственных ресурсах компании, использование HTTPS-протокола и CMS «1C: Bitrix».
3. Гибкость в настройке на стороне исполнителя, что немаловажно, так как проекты встречаются, как правило, разного вида.

Предлагаемая система онлайн-отчетности по SEO обладает достаточным функционалом и набором возможностей, в том числе защитой информации и корпоративных данных.

#### **Литература**

1. <https://www.1c-bitrix.ru/> (дата обращения: 20.09.15).
2. [http://dev.1c-bitrix.ru/learning/course/?COURSE\\_ID=41&CHAPTER\\_ID=04545](http://dev.1c-bitrix.ru/learning/course/?COURSE_ID=41&CHAPTER_ID=04545) (дата обращения: 19.09.15).
3. [https://dev.1c-bitrix.ru/learning/course/?COURSE\\_ID=35&LESSON\\_ID=5840](https://dev.1c-bitrix.ru/learning/course/?COURSE_ID=35&LESSON_ID=5840) (дата обращения: 21.09.15).

**МНОГОАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ВОЗМОЖНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ***А.Ю. Вяткин, Д.В. Смирнов, И.А. Кочетов*

Проведен анализ существующих многоагентных систем, сформулированы их достоинства и недостатки. Выделены основные типы конфликтов в многоагентных системах. Доказана актуальность необходимости централизованного взаимодействия агентов, с целью последовательного решения возникающих задач. Сформулирована возможность распознавания возникающих задач по отдельным признакам. Представлена последовательность количественной оценки информации, содержащейся в отдельном признаке. В статье также приведен пример совместных действий агентов в условиях возникновения конфликтных ситуаций. Представлена архитектура многоагентных систем, позволяющая принимать и рассылать агентам решения посредством базового агента.

**Ключевые слова:** программный агент, многоагентная система, информация, конфликты, классификация задач, система поддержки принятия решений, архитектура агента.

**Актуальность многоагентных систем.** В современных условиях глобальной актуализации информационных технологий решающую роль играет возможность использования программного агента как интеллектуального посредника между пользователем и компьютером.

Под программным агентом понимается сущность, которая находится в определенной среде, от которой она получает информацию и которая отражает события, происходящие в среде, интерпретирует их и исполняет команды, тем самым воздействуя на среду.

Активное развитие методов и технологий распределенного искусственного интеллекта, достижения в области аппаратных и программных средств поддержки концепции распределенности и открытости привели к необходимости агентов интегрироваться в системы, совместно решающие сложные задачи. Это послужило началом создания нового направления распределенных систем – многоагентных систем (МАС). В настоящее время МАС рассматриваются как множество интеллектуальных агентов, распределенных по сети, мигрирующих по ней в поисках релевантных данных, знаний и процедур и кооперирующихся в процессе выработки решений [1].

При реализации систем поддержки принятия решений (СППР) наибольший интерес представляет возможность кооперации агентов с целью создания многоагентной системы [2]. В свою очередь, децентрализованность таких систем, сопровождается возможностью возникновения различных конфликтов как при ошибочной обработке ложной информации, так и в результате отсутствия полной картины окружающего мира [3].

Существует множество различных направлений решения конфликтов, одним из основных является возможность введения в СППР централизованного механизма, обеспечивающего скоординированное поведение агентов при решении общей задачи.

**Проблема распознавания задач по отдельным признакам.** На первом этапе, перед непосредственным решением общей задачи, необходимо провести распознавание полученной информации с последующей классификацией задач, необходимых для решения.

Допустим, существует некоторое множество возникающих задач:  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , которые могут наступать с вероятностями  $p(x_i)$ , причем множество вероятностей удовлетворяет следующему условию:

$$\sum_{i=1}^N p(x_i) = 1. \quad (1)$$

До получения информации ситуация характеризуется неопределенностью того, какие задачи необходимо решать, т.е. априорной энтропией [4].

Допустим, что множества возникающих задач и информации о них никак не связаны. Это означает, что события из этих множеств независимы друг от друга.

Тогда согласно методу К. Шеннона, энтропия множества  $XY$  будет иметь вид [5]

$$H(XY) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M p_{ij} \log_2 p_{ij}, \quad (2)$$

где  $N$  – множество задач  $\{x_i\}$ , априорные вероятности предъявления которых равны  $p(x_i)$ ;  $M$  – множество признаков  $\{y_j\}$ , которые встречаются с априорными вероятностями  $p(y_j)$  и условными вероятностями:  $p(x_i y_{j1})$ ;  $p_{ij}$  – вероятность того, что если в событии был признак  $y_j$ , то это событие относится к задаче  $x_i$ .

Подставив в эту формулу выражение для вероятности, получим

$$H(XY) = - \left[ \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i \sum_{j=1}^M p_j + \sum_{j=1}^M p_j \log_2 p_j \sum_{i=1}^N p_i \right] = H(X) + H(Y). \quad (3)$$

Независимые задачи и события определяются следующим выражением:

$$H(XY) = H(X) + H(Y), \quad (4)$$

а вероятность совместного наступления зависимых событий определяется как

$$p_{ij} = p(y_j / x_i) p_i, \quad (5)$$

где  $p(y_j / x_i)$  – условная вероятность наблюдения признаков  $y_j$  в задачах  $x_i$ .

Используя условную вероятность, получим окончательное выражение для условной энтропии:

$$H(Y/X) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M p_{ij} \log_2 \frac{p_i}{p_{ij}}. \quad (6)$$

Количество информации о том, что задача с совокупностью признаков относится к определенному классу, равно уменьшению неопределенности знаний об этом, которое произошло в результате обнаружения у задачи отдельных признаков [5]:

$$I(Y, X) = H(X) - H(X/Y). \quad (7)$$

Запишем выражение для среднего количества информации, содержащейся в сообщении:

$$I(Y, X) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M p_{ij} \log_2 \frac{p_{ij}}{p_i p_j}. \quad (8)$$

Далее запишем выражение для среднего количества информации, содержащейся в системе признаков о системе классов:

$$I(Y, X) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M p_{ij} \log_2 \frac{p_{ij}}{p_i p_j}. \quad (9)$$



Если в сообщении содержится  $M$  признаков, то суммарное количество информации о принадлежности данной задачи конкретному классу составляет

$$i(x_i) = \sum_{j=1}^M \log_2 \frac{p_{ij}}{p_i p_j}. \quad (10)$$

Представленный анализ дает возможность ранжировать задачи в порядке убывания суммарного количества информации о характерных признаках, содержащихся в данных задачах, с последующим выбором той задачи, в которой содержится наибольшее количество информации.

**Пример анализа совместных действий агентов.** Далее перейдем к анализу возможности совместных действий агентов на возникшую ситуацию. Для скоординированных действий агентов необходимо спрогнозировать конфликтные ситуации поведения в различных условиях обстановки. Предположим, что в системе есть два агента. При совершении первым агентом каких-либо действий следует реакция второго агента (противодействие либо пропуск). В результате на каждое действие и противодействие можно сформировать матрицу преобладания того или иного агента [6]. Рассмотрим два случая с разными тенденциями (рис. 1, 2), где 1 – агент совершает действия; 0 – агент не совершает действий.

Б \ А	0	1
	0	1
0	0	+1
1	0	-1

Рис. 1. Положительная тенденция

Б \ А	0	1
	0	1
0	0	-2
1	-1	-1

Рис. 2. Отрицательная тенденция

В случае положительной тенденции (см. рис. 1), если агент «А» не совершает действий, то он не получает никакого результата. Если совершает действия и агент «Б» не сопротивляется, то результат равен +1, если агент «Б» сопротивляется решению, то результат равен -1 (учитываются затраты на совершения действия).

Для случая с отрицательной тенденцией (см. рис. 2), если агент «Б» совершает действие, то его результат всегда равен -1 (учитываются затраты). Если не совершает действий и не совершает действий агент «А», то результат равен 0, если агент «А» совершает действие – ущерб равен -2.

При использовании данного подхода необходимо учитывать гарантирующие стратегии, основанные на ранге рефлексии.

При усложнении системы поведения агентов необходимо руководствоваться рядом правил, описывающих различные ситуации.

Для более наглядного представления МАС перейдем к её возможной архитектуре.

Архитектура агента, осуществляющего координацию так называемого базового агента (БА), сравнима с архитектурой обычного агента, дополненная некоторыми вспомогательными компонентами, наличие которых обусловлено ролью этого агента как координатора взаимодействия других агентов. Эти вспомогательные компоненты должны, с одной стороны, содержать унифицированное описание множества доступных через БА агентов и их возможностей (ресурсов, функций), с другой – организовать унифицированный доступ к ним. Рассмотрим архитектуру возможного построения многоагентных систем в структуре СППР (рис. 3).



**Заключение.** Таким образом, в статье была показана возможность и перспективность введения многоагентных систем в структуру систем поддержки принятия решения. Представленная возможность классификации задач по отдельным признакам позволяет добиться ранжирования поставленных задач в зависимости от актуальности, эффективности и затраченных средств. Данный подход позволяет выделить именно те задачи, которые с наибольшей эффективностью, минимумом затраченных средств и в ограниченные промежутки времени приведут к выполнению поставленных целей. Однако стоит сказать, что существующие многоагентные системы при рассмотрении их в рамках СППР, не в полной мере удовлетворяют требованиям по эффективному и спрогнозированному принятию решения.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о необходимости создания математической модели СППР, модели, способной решать задачи самоупорядочности и самоорганизации агентов, исходя из условий сложившейся обстановки.

1. Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems. John Wiley & Sons Ltd, 2002. 366 p.

2. Ларичев О.И. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития / О.И. Ларичев, А.В. Петровский // Итоги науки и техники. Сер.: «Техническая кибернетика». Т. 21. М.: ВИНТИ, 1987. 392 с.

3. Weiss G. Multiagent Systems, A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, MIT Press, 1999. 585 p.
4. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. 830 с.
5. Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. 1948. Т. 27. Р. 379–423, 623–656.
6. Стюгин М.А. Создание «хаоса» с целью защиты от исследования // Проблемы управления безопасностью сложных систем. М.: РГГУ, 2008. С. 378–381.

УДК 004.045; 004.62; 004.91

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ БАЗЫ ДАННЫХ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО  
ДОКУМЕНТООБОРОТА**

*М.А. Захаров, Д.М. Иванова, В.В. Кокорышкин, А.А. Терентьева*

Предложена методология проектирования концептуальной модели базы данных на основе ERD-моделирования Баркера.

**Ключевые слова:** система электронного документооборота (СЭД), система управления базами данных (СУБД), концептуальная модель, база данных, ERD-модель, семантическая модель, реляционная модель.

**Задача разработки автоматизированной системы электронного документооборота.** В настоящее время на отраслевом рынке систем электронного документооборота (СЭД) присутствует большой выбор программных продуктов, соответствующих различным требованиям и предпочтениям конечных пользователей. Разрабатывая программные продукты, автоматизирующие документооборот, разработчики не только реализуют функции учета организационно-распорядительных документов, но и обеспечивают возможности непосредственной работы с внутренними документами, находящимися в общем потоке документооборота. Главным аспектом в данном случае будет полноценное применение СЭД для решения прикладных функций, в которых важной задачей является работа с клиентами, а именно: обработка обращений граждан, автоматизация работы сервисной службы, организация проектного документооборота и др.

Рынок систем электронного документооборота растёт огромными темпами, и на данный момент является одним из самых востребованных рынков в мире. Огромное количество документов, обрабатываемых на предприятии за год, заставляет многих руководителей задуматься о приобретении СЭД.

Как и для любой автоматизированной системы электронного документооборота, для данной системы необходимо грамотно составить базу данных, где будет храниться множество информации, нужной для корректного функционирования системы и полного информативного представления информации пользователям.

В данной статье предложено описание концептуальной модели базы данных, на основании которой будет строиться автоматизированная система электронного документооборота.

**Семантическое моделирование.** Широкое использование реляционных СУБД в различных приложениях говорит о том, что реляционная модель данных вполне достаточна для моделирования предметных областей. Однако проектиро-

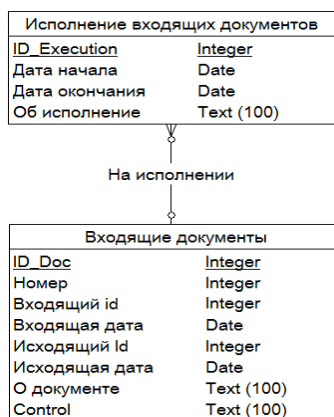


Рис. 1. Пример моделирования концептуальной модели

Потребности проектировщиков баз данных в более удобных и мощных средствах моделирования предметной области вызвали к жизни направление семантических моделей данных. При том, что любая развитая семантическая модель данных, как и реляционная модель, включает структурную, манипуляционную и целостную части, главным назначением семантических моделей является обеспечение возможности выражения семантики данных.

Обычно семантическое моделирование используется на первой стадии проектирования баз данных. При этом в терминах семантической модели производится концептуальная схема базы данных, которая потом вручную преобразуется к реляционной модели. В нашем же случае использовалась специальная программа, которая на основе семантической модели автоматически отображала конструкцию в реляционную схему.

Одна из наиболее популярных семантических моделей данных – модель «Сущность–Связь» или же ER-модель, которая была предложена Питером Ченом в 1976 г. и получила дальнейшее развитие в работах Ричарда Баркера [1].

**Основные критерии моделирования.** Первый шаг моделирования – это извлечение сущностей.

*Сущность* – это реальный либо воображаемый объект, имеющий существенное значение для рассматриваемой предметной области, информация о котором подлежит хранению [1]. Каждая сущность должна иметь уникальное имя, обладать одним или несколькими атрибутами, которые идентифицируют каждый экземпляр сущности, а также может обладать любым количеством связей. В ER-моделировании сущность представляется в виде прямоугольника, в которую входят её имя, а также атрибуты.

Как и говорилось, любая сущность должна обладать некоторыми характеристиками, т.е. атрибутами. Каждый атрибут должен обладать уникальным именем, описывающим эту характеристику. Атрибут может быть либо описательным, либо входить в состав уникального идентификатора [1]. Ключевой атрибут должен быть выделен размещением атрибута сверху списка и выделяется подчёркиванием или «#». Также должны быть объявлены код, тип данных и, если необходимо, длина. Ключевой атрибут может быть составным, т.е. содержать набор ключевых атрибутов сущности.

Следующим шагом в моделировании является установление связей.

вание реляционной базы данных в терминах отношений на основе механизма нормализации представляет собой сложный процесс для проектировщика, так как реляционная модель ограничена в следующих аспектах [2]:

1. Недостаточное предоставление средств для описания смысла данных. Семантика реальной предметной области должна независимым от модели способом представляться в голове проектировщика.

2. Трудность моделирования на основе отношений. На ранних этапах проектирования необходимо описывать предметную область в виде реляционных отношений.

3. Реляционная модель данных не предлагает какого-либо аппарата для разделения сущностей и связей.

*Связь* – это ассоциация между сущностями, где каждая произвольная родительская сущность ассоциирована с сущностью-потомком. Связи в ER-моделях могут определяться как между двумя разными сущностями, так и между сущностью и ей же самой, такая связь называется рекурсивной связью. Связи в ER-диаграммах могут быть типа один к одному (1:1), один ко многим (1:M), многие ко многим (M:M). В месте стыковки связи с сущностью используется трехточечный вход, если для этой сущности в связи могут использоваться много экземпляров сущности, и одноточечный вход, если в связи может участвовать только один экземпляр сущности [1].

На рис. 1 представлен пример двух сущностей с набором атрибутов, уникальные модификаторы обозначены подчёркиванием. Каждому атрибуту соответствует свой тип данных. Сущности связаны связью один ко многим с наименованием связи.

Для разработки автоматизированной системы электронного документооборота мы выявили следующие сущности: «Исполнение входящих документов», «Входящие документы», «Тип документа», «Отправленные документы», «Исходящие документы», «Внутренние документы», «Исполнение внутренних документов», «Организация», «Улица», «Город», «Государство», «Область», «Должность», «Занимаемая должность» и «Сотрудники».

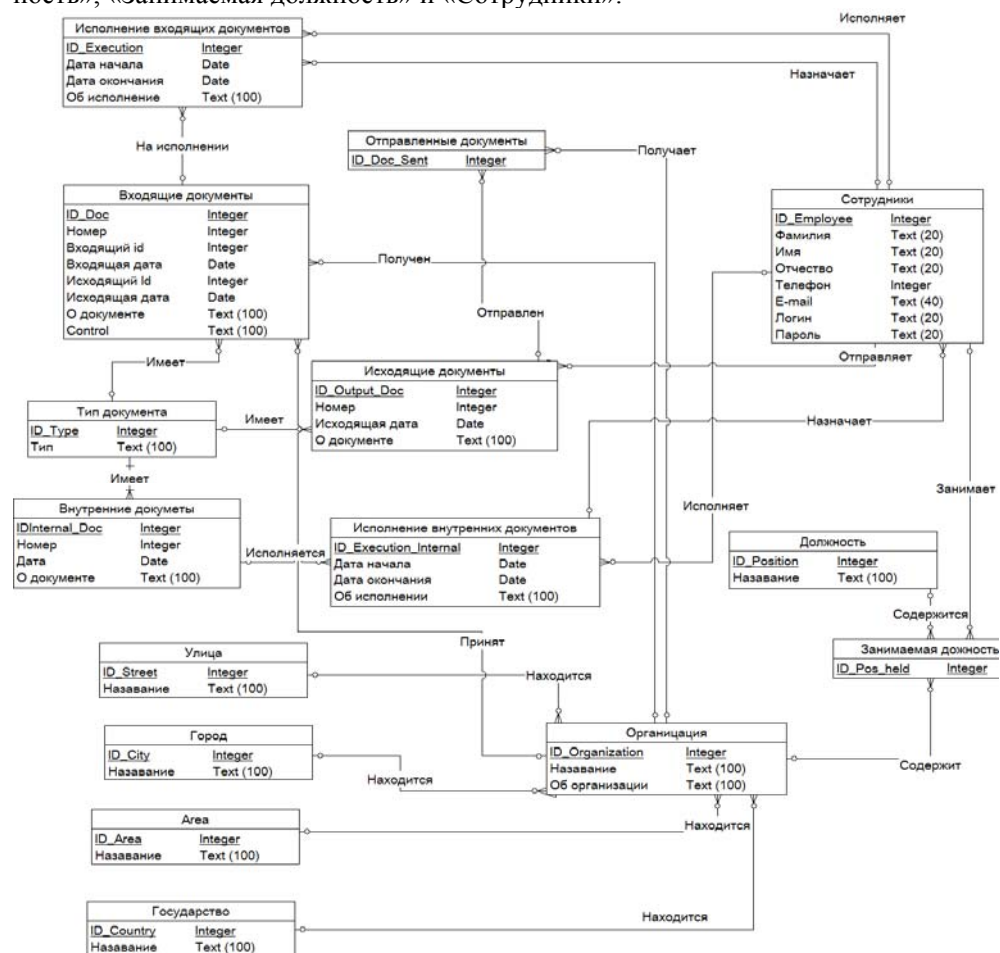


Рис. 2. Концептуальная модель базы данных системы электронного документооборота

**Заключение.** Таким образом, были представлены основные преимущества и критерии семантического моделирования баз данных. Также была представлена концептуальная модель базы данных систем электронного документооборота, которая была создана средствами, поддерживающими построение ER-диаграмм, «PowerDesigner». Данная модель, изображённая на рис. 2, будет модернизироваться и дорабатываться, в том числе, вследствие обновления требований и расширения функционала. Спроектированная концептуальная модель будет взята за основу при создании базы данных и не в малой степени поспособствует формированию СЭД, что и является конечной целью проекта.

#### **Литература**

1. Сенченко П.В. Организация баз данных: учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2004. 170 с.
2. Проектирование реляционных БД [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ed.tusur.ru/lit/edu/db/06.shtml>, свободный (дата обращения: 28.09.2015).

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ

Председатель секции – *Дмитриев Вячеслав Михайлович*, д.т.н., профессор,  
зав. каф. МиСА

УДК 372.862

### ОБУЧЕНИЕ БАКАЛАВРОВ ФОРМАЛИЗАЦИИ СЛОВЕСНОГО ПОРТРЕТА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ЕЁ МОДЕЛИРОВАНИИ

*Т.В. Ганджа, О.С. Затик, М.И. Кочергин*

Приводится описание разработанного курса «Эколого-экономические системы». Предлагается алгоритм процедуры формализации словесного портрета эколого-экономической системы (ЭЭС). Приводятся пример анализа словесного портрета ЭЭС, общий вид компонентной цепи ЭЭС.

**Ключевые слова:** моделирование, эколого-экономические системы, формализация.

**Курс «Эколого-экономические системы».** Кафедрой моделирования и системного анализа ТУСУРа разработан и преподается на четвертом курсе бакалавриата направления 27.03.03 «Системный анализ и управление» курс «Эколого-экономические системы». Целью освоения дисциплины является изучение процессов, протекающих в эколого-экономических системах регионов добычи нефти и газа, в которых промышленные объекты оказывают неблагоприятные воздействия на объекты окружающей среды, а также методы и алгоритмы автоматизированного формирования экономически оптимальных экологических программ, направленных на мониторинг окружающей среды, предотвращение и ликвидацию ее загрязнений. Задачами дисциплины являются:

- ознакомление студентов со структурно-функциональной схемой эколого-экономических систем предприятий добычи нефти и газа, процессами, протекающими в технологическом оборудовании, и их влиянием на объекты природной среды;
- привитие студентам навыков мониторинга характеристик и оценки состояния объектов природной среды;
- изучение принципов формирования экологических программ – наборов природоохранных мероприятий, направленных на мониторинг окружающей среды, предотвращение и ликвидацию ее загрязнений, на основе имеющихся материальных и финансовых резервов предприятия.

В рамках дисциплины студенты изучают специфику управления эколого-экономическими системами предприятий нефтегазовой промышленности, применение компьютерных моделей для управления эколого-экономическими системами (ЭЭС), виды информационных систем и программных средств сбора и обработки данных экологического мониторинга и формирования наборов природоохранных мероприятий, алгоритмы компьютерного моделирования эколого-экономических систем и т.д.

Моделирование ЭЭС – специфическое сложное направление научных исследований, призванное объединить в единую модель ЭЭС компоненты разных подсистем: экологических, экономических, технических, с материальными и информационными потоками в связях [1].

В качестве основы для моделирования используется метод компонентных цепей (МКЦ) [3]. МКЦ представляет собой объектно-ориентированный язык для моделирования сложных и физически неоднородных систем с энергетическими и информационными потоками в связях.

**Обучение моделированию.** Математическая идеализация явлений при исследовании различных систем, применение логически взаимосвязанных действий для достижения заданной цели, математическое моделирование, базирующееся на возможностях вычислительной техники, становятся эффективным и надежным инструментом осознания осваиваемых профессиональных компетенций, формирования у бакалавров профессионального инженерного мышления и развития у них культуры моделирования [2]. Немаловажным для обучения процедуре моделирования является обучение анализу исходного описания моделируемой системы и выявлению важной и необходимой для моделирования информации. Корректность анализа представленного описания ЭЭС определяет адекватность построенной модели. В рамках дисциплины «Эколого-экономические системы» студенты получают навыки формализации (анализа) текстового портрета ЭЭС и её моделирования в среде моделирования MAPS.

Отметим, что исходное описание систем предметной области (эколого-экономических систем) чаще всего представлено в текстовом виде (словесный портрет).

**Анализ словесного портрета ЭЭС.** Формализация словесного портрета ЭЭС начинается с выделения студентом в тексте информационных элементов. Информационный элемент – это минимальный объект информации, принадлежащий одному из информационных потоков задачи, позволяющий сопоставить его объекту предметной области [4], т.е., например, информационными элементами будут следующие слова или словосочетания: «грунтовые воды», «сорбент», «концентрация нефти в грунте».

Далее информационные элементы объединяются студентом и образуют некоторые структурные единицы. Обозначим эти единицы следующим образом:

- [Компоненты].
- { {Параметры компонентов} }.
- ((Связи компонентов)).
- {Потоки в связях}.
- Переменные потоков.
- Топологические узлы.
- (Природоохранные мероприятия).

Завершается анализ словесного портрета ЭЭС получением её формализованного представления. Далее учащийся, используя полученное формализованное представление словесного портрета ЭЭС, приступает к её компьютерному моделированию в среде компьютерного моделирования MAPS [5].

**Пример анализа словесного портрета.** Для примера рассмотрим фрагмент словесного портрета природоохранного мероприятия (ПОМ) «Детоксикация грунта, загрязненного нефтью» с целью построения компонентной цепи (его модели). Детоксикация грунта, загрязненного нефтепродуктами, выполняется в несколько этапов:



- (отбор и химический анализ проб), в ходе которого определяется {{концентрация {нефти} в [грунте]}}. Ранжирование территории по степени загрязнения. Выбор методов и последовательность их использования для очистки грунта от нефти;
- (сбор и откачка загрязненной нефтью почвы и жидкости) – очень загрязненной, т.е. {{концентрация {нефти} в [грунте]}} более 5000.00 мг/кг, с помощью [самосвалов];
- (добавление {сорбента} в [грунт]) с помощью специализированного [вездехода]. Внесенный сорбент (например, «Глауконит») {{в пропорции 1:10 поглощает из сырой нефти примерно 97 % токсичных веществ за 2–3 недели}};
- Повтор первого пункта через 2–3 недели. При достижении допустимой концентрации нефти в почве менее 500 мг/кг участок считается детоксицированным (очищенным) от {нефти}.

**Компонентная цепь ЭЭС.** В результате анализа формализованного представления ЭЭС, фрагмент которого представлен выше, студент выделяет следующие структурные единицы, которые требуют учета при формировании модели процессов ЭЭС в виде компонентной цепи:

- 1) [Компоненты]:
  - компоненты экологической подсистемы, в том числе компоненты природной среды [Атмосферный воздух], [Водные ресурсы], [Грунт], включающий [Почву] и [Грунтовые воды];
  - компоненты экономической подсистемы;
  - компоненты организационно-технологической подсистемы. В том числе технические средства: [Вакуумные самосвалы], [Насосы], [Разбрызгиватели], [Боны], [Емкости], [Водопропускные сооружения], [Установка предварительного сброса воды], [Фильтр]; материальные ресурсы: [Биореагент], [Сорбент]; организационные единицы: [Экологи], [Специалисты лабораторий] и т.д.
- 2) Все компоненты имеют соответствующие параметры, например, такие {{Параметры компонентов}}, как {{концентрация нефти в грунте}}, {{площадь подтопления/пересыхания грунта}}, {{число аварий на трубопроводе}}, {{мощность технических средств}}, {{диаметр водопропускной трубы}}, {{объемы финансирования, затраты на реализацию из фонда}} и другие параметры из множества параметров компонентов ЭЭС.
- 3) Все компоненты имеют связи, с помощью которых они взаимодействуют друг с другом, в том числе следующие ((Связи компонентов)): ((поступает в)), ((направляется на)), ((используется в)), ((отвечает за выполнение)) и др.
- 4) В связях циркулируют потоки. Здесь выделены различные типы {Потоков в связях}: а) потоки загрязняющих веществ: {нефть}, {газ}, {конденсат}, {пластовая влага}, {механические примеси} и др.; б) потоки материальных ресурсов: {сорбент}, {ингибитор}, {биореагент}, {бакпрепарат}; в) потоки технических средств: {вакуумный самосвал}, {вездеход}, {водопропускная труба}, {пылеулавливающая установка}; организационных единиц: {эколог}, {водитель}; г) потоки финансовых ресурсов {затраты на реализацию}, {инвестиции}.

**Компьютерное моделирование ЭЭС.** На основе формализованного представления словесного портрета студент производит построение компонентной цепи ЭЭС (её компьютерной модели) [6]. Приведём общий вид такой компьютерной модели (рис. 1). Здесь иллюстрируется взаимосвязь структурных единиц компонентной цепи эколого-экономической системы.

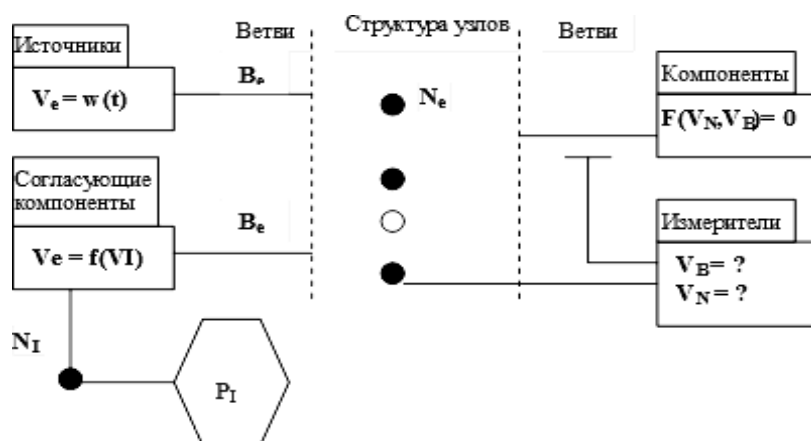


Рис. 1. Структура компонентной цепи ЭЭС общего вида

Здесь использованы следующие обозначения:

$V_e$  – источники двух типов: источники вредного воздействия производственных объектов и источники компенсирующего воздействия (ликвидация, минимизация или предотвращение вредного воздействия производства посредством выполнения ПОМ), задающие значения входных потенциальных и потоковых переменных;

$K_e$  – компоненты, реализующие различные функции преобразования ресурсов и имеющие  $B_{1e}, \dots, B_{me}$  ( $j=1, \dots, m$ ) связи, содержащие пару переменных связи:  $V_N$  – потенциальную и  $V_B$  – интегратор темпа. Скалярное произведение  $V_B$  на стоимость единицы ресурса образует затраты на природоохранное мероприятие;

$U = V_B$ , либо  $U = V_N$  – измерительные компоненты;

$N_e$  – узловая структура, задающая равенство потенциальных и сумму потоковых переменных, равную нулю, для примыкающих связей;

$B_e$  – ветви цепи, образованные связями компонентов;

$K_{ie}$  – компоненты, связывающие логическую цепь с информационной цепью  $PI$ , которая предназначена для параметризации компонентов модели ЭЭС.

**Заключение.** Моделирование ЭЭС – специфическое сложное направление научных исследований, объединяющее в единую модель компоненты разных подсистем: экологических, экономических и технических. Для построения адекватной модели ЭЭС необходимо получение корректного формализованного представления её словесного портрета. В рамках дисциплины «Эколого-экономические системы» студенты получают навыки анализа текстового портрета ЭЭС и её моделирования в среде моделирования MAPS.

### Литература

1. Затик О.С. Алгоритмы и программные средства имитационного моделирования для управления эколого-экономическими процессами предприятий нефтяной отрасли на основе метода компонентных цепей: дис. ... канд. техн. наук: Томск, 2011. 186 с.
2. Кузьмин О.В., Палеева М.Л. Обучение математическому моделированию бакалавров технических направлений: из опыта работы // Вестник ТГПУ. Томск: Том. гос. пед. ун-т. 2013. № 1. С. 14–17.
3. Дмитриев В.М., Арайс Е.А. Автоматизация моделирования многосвязных механических систем. М.: Машиностроение, 1987. 240 с.

4. Дмитриев В.М. Компьютерное моделирование физических задач / В.М. Дмитриев, А.Ю. Филиппов, Т.В. Ганджа, И.В. Дмитриев. Томск: В-Спектр, 2010. 248 с.

5. Дмитриев В.М. Методика имитационного моделирования деятельности предприятия в контексте синтеза производственных программ / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, О.С. Затик // Информатика и системы управления. 2014. № 4 (42). С. 40–52.

6. Дмитриев В.М. Компьютерная модель эколого-экономической системы нефтегазодобывающего региона для формирования экологических программ / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, О.С. Затик // Информатика и системы управления. 2011. № 4. С. 27–39.

УДК 004.942

### КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ СЕКЦИИ ОСУШКИ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

*Т.В. Ганджа, С.К. Важенкин*

Рассматривается методика моделирования такого сложного технологического процесса, как сушка кирпича в сушильном цехе. Объект представлен в виде компонентов, для описания потоков между которыми следует использовать неоднородные векторные связи. К таким объектам относятся сложные разнообразные физико-химические системы, работа которых основана на использовании физических свойств и преобразовании составов многокомпонентных тепловых потоков.

**Ключевые слова:** сложные технологические объекты, физико-химические процессы, химико-технологическая подсистема, теплоэнергетическая подсистема, компьютерная модель, метод компонентных цепей.

В настоящее время в стране наблюдаются высокие темпы роста строительства. Соответственно растет и потребность в строительных материалах, в частности, растет потребность в кирпиче. Производителям стройматериалов приходится наращивать мощности, совершенствовать технологии производства и в то же время серьезно следить за качеством продукции. На рынке появились фирмы, предлагающие целые линии по производству кирпича, оборудованные самыми современными средствами. Но все же до сих пор большинство предприятий продолжает выпуск кирпича на устаревшем оборудовании. В целях сокращения капитальных вложений на разработку и внедрение новые линии работают по-прежнему принципу – всем процессом управляет человек. Но с ростом производительности, более серьезным отношением клиентов к качеству товара становится все труднее управлять процессом, точно следовать технологии производства. Как следствие, растут трудозатраты, увеличивается процент брака.

Моделирование процессов, протекающих во время производства, позволяет более эффективно управлять производством, следовательно, существенно снизить трудозатраты, процент брака, повысить эффективность использования ресурсов.

Одним из наиболее важных и сложных этапов производства кирпича является его сушка. Моделирование этого процесса позволит точно рассчитать темпе-

ратурно-влажностные характеристики, оперативно реагировать на изменения условий внешней среды, более рационально использовать отработанный теплоноситель, что в конечном счете приведет к повышению качества продукции и снижению расхода энергоресурсов.

В задачи разрабатываемой модели входят:

1. Системный анализ системы сушки кирпича с целью выявления входящих в неё компонентов и связей между ними.

2. Построение компонентов системы на основе моделей с неоднородными векторными связями в формате метода компонентных цепей.

3. Формирование многоуровневой компьютерной модели системы сушки кирпича, предназначенной для контроля и управления тепловлажностными характеристиками теплоносителя в туннельной сушилке. Это подразумевает под собой определение необходимой температуры входящего теплоносителя и рационального смешения потоков воздуха из различных источников (с улицы, обратный ток из тоннеля, из цеха и из печи обжига) на основе данных датчиков внутри туннеля и на каждом из четырех направлений.

Компьютерная модель системы сушки кирпича, построенная в формате метода компонентных цепей, предназначенная для поддержания заданного теплового режима в сушильной камере, была исследована и разработана в среде моделирования MAPS. Эта модель является основной для разработки виртуальной лабораторной работы по курсу «Математические модели объектов и систем управления», изучаемому студентами магистратуры направления «Управление в технических системах».

**Описание процесса сушки кирпича.** Для построения модели системы сушки кирпича проведем ее системный анализ и построим ее формализованное представление [1]. Кирпич-сырец, уложенный на консольные шестиполочные вагонетки, поступает на сушку. Она осуществляется в однопутных туннельных сушилках с противоточным движением теплоносителя и вагонеток с сырцом [2].

Теплоносителем является разбавленный горячий воздух от печи обжига, холодный уличный воздух, воздух из цеха завода и рециркулирующий теплоноситель (отработанный).

При каждом передвижении поезда на длину вагонетки одна вагонетка с высушенными изделиями покидает туннель со стороны подачи воздуха, и одна со свежим сырцом поступает в туннель с противоположной стороны.

Горячий воздух омывает высушенные изделия. При дальнейшем движении воздуха температура его постепенно понижается, а влагосодержание соответственно повышается, скорость же почти постоянна. Поэтому способность воздуха поглощать влагу постепенно падает по мере перемещения его к выходу туннеля, а влажность сырца в том же направлении постепенно увеличивается. В конце туннеля отработанный воздух с максимальной влажностью и минимальной температурой омывает сырец, только что поступивший в туннель.

Преимуществом туннельных сушилок являются меньшая продолжительность сушки, меньшие трудовые затраты, меньший расход условного топлива по сравнению с камерными сушилками.

На рис. 1 изображена обобщенная структурная схема движения теплоносителя в туннельной сушилке.

В сушильную камеру подается теплоноситель из камеры смешения, оборудованной вентилятором. В камере смешиваются четыре потока воздуха: холодный с улицы, холодный из цеха завода, горячий из печи обжига и отработанный

теплоноситель, получаемый на выходе из сушила. На каждом из четырех направлений забора воздуха стоят шиберы, положение которых регулирует объем воздуха, проходящего по трубопроводу в камеру смешения. Данный тип сушилки называется противоточным – сушильный агент движется против движения ваго-неток с кирпичом.

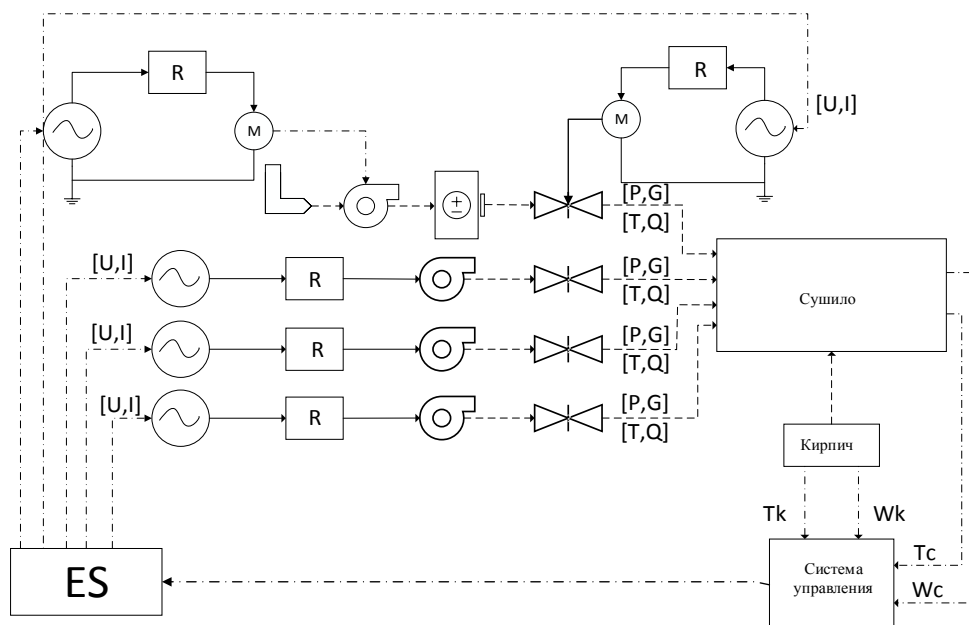


Рис. 1. Обобщенная структурная схема подачи теплоносителя в сушильную камеру

Процесс сушки можно рассматривать как комплекс параллельно протекающих явлений: испарение влаги с поверхности материала; внутреннее перемещение влаги в материале; теплообмен между материалом и окружающей средой.

Для определения оптимальных режимов функционирования системы осушки кирпича построены модели её основных блоков в среде моделирования MAPS. В её основе лежит метод компонентных цепей, который является универсальным методом компьютерного моделирования сложных технических устройств и систем любой физической природы, к классу которых относятся системы осушки кирпичей.

В представленной компьютерной модели теплообменного процесса (рис. 2) с помощью источников TS1, TS2 и TS3 через термогидравлические сопротивления TR1, TR3, TR4 и TR5 в смесители Smes1 и Smes2 подается теплоноситель (воздух). Его температура измеряется с помощью измерителя потенциальной переменной T1, T3, T4 и T5. Смешанный теплоноситель подается в последний смеситель Smes3 и передается в сушильную камеру Sush. Далее происходит процесс сушки кирпича, где теплоноситель нагревает кирпич, и через рециркулирующий канал уходит обратно в смеситель Smes2. Температура данного потока теплоносителя измеряется измерителем потенциальной переменной T5.

Рассмотрим более подробно модели компонентов, представленных в системе.

Модель источника теплоносителя – источник подачи жидкого или газообразного теплоносителя, обладающего высоким значением тепловой энергии. На практике чаще всего применяют воду, воздух, азот (в том числе жидкий), фреоны и др. Модель характеризуется давлением  $P$  и температурой  $T$  (рис. 3).

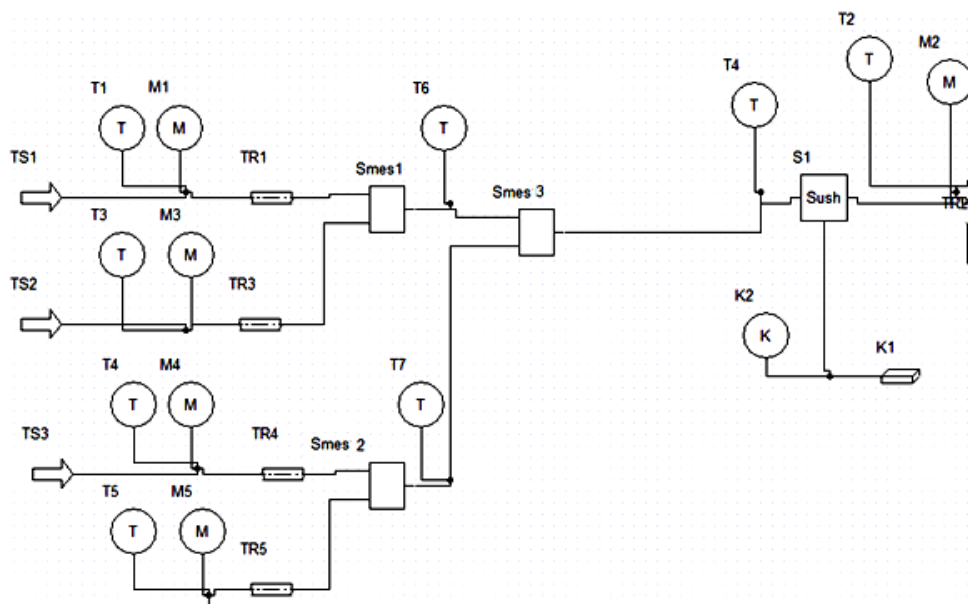


Рис. 2. Компонентная цепь системы осушки

Модель терморезистора – модель трубы, тепловое сопротивление которой изменяется в зависимости от её температуры, – служит для передачи теплоносителя по системе осушки. Характеризуется гидросопротивлением и термосопротивлением (рис. 4).

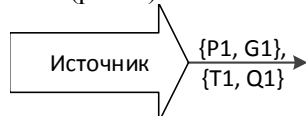


Рис. 3. Источник теплоносителя

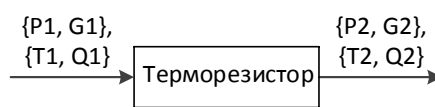


Рис. 4. Терморезистор

Модель смесителя – элемент, в который под определенным давлением поступают два потока жидкости (газа), имеющие различную температуру. Пока в данной модели не рассматривается компонентный состав поступающих в смеситель потоков веществ.

Математическая модель смесителя составлена на основе материального и теплового балансов, которые должны наблюдаться в аппарате. Основная сложность модели состоит в том, что необходимо на основе температур и расходов веществ на входах определить температуру выходной смеси веществ (рис. 5).

Модель сушила – элемент, в который под определенным давлением  $P_Z$  поступает один поток  $T$  теплоносителя с определенной температурой  $T_Z$  (рис. 6).

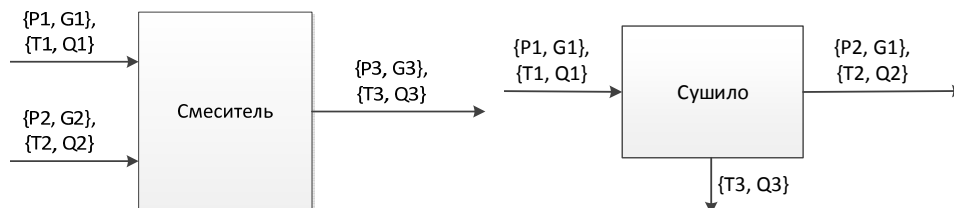
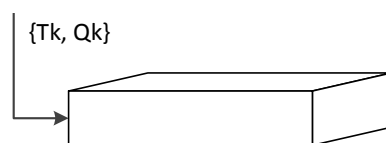


Рис. 5. Модель смесителя

Рис. 6. Модель сушила



Модель кирпича – элемент, в который поступает один поток тепла (рис. 7).

Рис. 7. Модель кирпича

**Заключение.** В работе представлена компьютерная модель системы управления процессом сушки кирпича [3], в которой за счет смешения воздушных потоков с различными характеристиками (температурой и влажностью) осуществляется подготовка входящего в сушильную камеру воздушного потока, обладающего определенной температурой и влажностью. Такой поток подается в камеру под определенным давлением таким образом, чтобы находящийся в ней кирпич был полностью осушен, но при этом его качество не ухудшалось.

На основе разработанной компьютерной модели будет создана виртуальная лабораторная работа и включена в автоматизированный лабораторный практикум по дисциплине «Математические модели объектов и систем управления», входящей в учебную программу магистратуры по направлению «Управление в технических системах».

### Литература

1. Ганджа Т.В. Формализованное представление обобщенного технически сложного объекта с компьютерной моделью в контуре управления // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. 2012. № 2. С. 29–35.
2. Козлов Р.А. Обследование процесса производства керамического кирпича как объекта управления / Р.А. Козлов, С.П. Сердобинцев // Автоматизация производственных процессов: сб. науч. трудов. Калининград: КГТУ, 2006. С. 85–92.
3. Дмитриев В.М. Принцип построения многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. 2013. № 2 (36). С. 24–36.

## РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОРТАЛА КАФЕДРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

*В.А. Иртыкеев, Б.Д. Жалсанов*

Описывается применение современных программных средств в процессе обучения студентов техническим дисциплинам – информационного портала – для повышения эффективности работы студента и руководителя путём разработки информационной системы «Курсовая работа», а также разработка веб-приложения «Рассылка».

**Ключевые слова:** разработка, информационная система, портал, веб-разработка, фреймворк, пользовательский интерфейс.

Целью работы являются разработка информационного портала кафедры МиСА, повышение эффективности работы студента и руководителя путём разработки информационной системы «Курсовая работа», а также разработка веб-приложения «Рассылка».

Большинство вузов России уже имеют своё представительство в сети Интернет, на котором представлена полная информация о деятельности учебного заведения. Сегодня сайт – это необходимый, а для многих учебных заведений – основной инструмент набора студентов на новый учебный год или взаимодействия с преподавателями и абитуриентами. Правила приема документов и условия зачисления, структура вступительных испытаний и сроки экзаменов, состояние организационно-правовой и материально-технической базы, подготовительные курсы, формы обучения, специальности, квалификации, преподаватели, платные и бесплатные отделения – чтобы получить информацию, достаточно просто заглянуть на сайт вуза. Сайт подчёркивает образовательный имидж учебного заведения, предоставляет актуальную информацию.

В крупных учебных заведениях с множеством факультетов и кафедр наблюдается тенденция, заключающаяся в желании обзавестись собственным сайтом кафедры (или целого факультета/института). Обусловлено это тем, что на главном сайте, помимо актуальной, накапливается и лишняя информация, из-за которой навигация по сайту затрудняется. Подобное может привести к потере у пользователя интереса к ресурсу или вузу в целом, так как сайт вуза – это его «лицо». Кафедры, понимая это, но не находя поддержки в лице разработчиков главного сайта, инициируют разработку своих собственных.

Кафедра моделирования и системного анализа ТУСУРа (МиСА) не является исключением, поэтому для неё также актуальна задача позиционирования себя в глобальной сети. На примере разработки портала для кафедры МиСА выделим общие этапы создания веб-проектов, рассмотрим используемые технологии, а также разработаем информационную систему «Курсовая работа» и веб-приложение «Рассылка».

Разрабатываемый портал и его компонент «Курсовая работа» относятся к информационным системам. Рассмотрим, какие бывают ИС и к каким относится наша разработка.

Информационную систему рассматривают как программно-аппаратную систему, предназначенную для автоматизации целенаправленной деятельности конечных пользователей, обеспечивающую, в соответствии с заложенной в неё логикой обработки, возможность получения, модификации и хранения информации [1]. Основной задачей ИС является удовлетворение конкретных информационных потребностей в рамках конкретной предметной области. Современные ИС де-факто немыслимы без использования баз данных и СУБД, поэтому термин «информационная система» на практике сливается по смыслу с термином «система баз данных». Для достижения цели необходимо выполнение следующих задач:

- Осуществить проектирование интерфейса взаимодействия.
- Создать макет дизайна.
- Осуществить выбор инструментальных средств разработки.
- Разработать функциональную структуру портала.
- Разработать структуру базы данных портала.
- Разработать программную реализацию информационного портала и его подсистем.

Объектом исследования является инструмент распространения информации и повышение эффективности работы студента и руководителя при сдаче курсовых работ. Предмет исследования – создание информационного портала и его подсистем на основе фреймворка Django.



Разработка информационного портала кафедры (и любого другого крупного проекта) проходит в несколько этапов: создание уникального дизайна, проектирование интерфейса взаимодействия с пользователем; вёрстка страниц; проектирование базы данных; настройка серверной машины; развёртывание каркаса сайта; настройка проекта, запуск сайта; слияние шаблонов и вёрстки, создание моделей, контроллеров и соединение их с шаблонами представления. Каждый этап важен и заслуживает отдельного внимания [2].

Структура портала – это грамотное расположение веб-страниц, адекватный уровень их вложенности, чёткая ссылочная структура и связь страниц друг с другом [3]. Правильная и интуитивно понятная структура позволяет поисковикам успешно индексировать все страницы портала, к тому же пользователи не затеваются и всегда смогут спокойно и уверенно ориентироваться. На рис. 1 представлена структура портала, состоящая из 9 основных страниц.



Рис. 1. Структура портала

Сотрудникам кафедры периодически приходится связываться со студентами, чтобы оперативно сообщать необходимую информацию. Большинство использует дорогостоящую мобильную связь. Но никто не гарантирует, что студент возьмёт трубку или запомнит всю информацию, которую ему передали для последующей передачи другим (например, старосте, который должен оповестить свою группу). Веб-приложение «Рассылка» поможет автоматизировать процесс информирования широкого круга лиц. Приложение через удобный интерфейс позволит сотрудникам рассылать сообщение на электронную почту и других участников веб-ресурса кафедры.

Сервисы, предоставляющие широкий набор настроек рассылки, чаще оказываются недешёвым удовольствием. Но они гарантируют, что письмо не затеряется и не будет расценено как спам. Для решения этой проблемы было решено завести аккаунт Google Mail [misa.tusur@gmail.com](mailto:misa.tusur@gmail.com), с которого будет производиться рассылка. Такой ход гарантирует, что письмо не попадёт в секцию спама и придёт с пометкой «важное». Также сервис Gmail гарантирует высокую производительность и абсолютно бесплатен.

Настройка git. Git – распределённая система контроля версий файлов, созданная под руководством Линуса Торвальдса. Системы контроля версий позволяют хранить несколько версий одних и тех же файлов с возможностью возврата к старому варианту, просмотра изменений, их авторов и т.д.

Распределённая система контроля версий не нуждается в центральном сервере, хранящем версии, вся история хранится на каждом локальном компьютере и при необходимости синхронизируется с аналогичным хранилищем другого компьютера. В этом отличие Git от, например, SVN – можно установить Git только на локальный компьютер и хранить все версии у себя, не дублируя на сервер. Однако в случае командной работы все же удобно иметь сервер, хранящий версии. Такой сервер также можно воспринимать как бэкап всех актуальных файлов и их версий, доступный из любой точки мира [4].

Bitbucket – это сервис, централизованно хранящий репозитории Git, бесплатный для 5 пользователей и платный для больших команд. Преимущество Bitbucket перед аналогичным сервисом GitHub – возможность создания закрытых репозиториях.

Все файлы в рабочем каталоге, в котором мы создали репозиторий, могут быть либо под версионным контролем, т.е. фактически входить в репозиторий Git, либо быть не отслеживаемыми, т.е. не входить в репозиторий. В нашем случае все файлы, присутствующие в данный момент в директории, мы добавили в репозиторий командой `git add --all`, при этом если бы мы хотели добавить, например, только файлы с расширением `html`, мы могли бы внести их в репозиторий командой `git add *.html`.

Все отслеживаемые файлы могут находиться в трех состояниях – неизменном (т.е. с момента последнего коммита мы этот файл не трогали), измененном (с момента последнего коммита мы внесли изменения, но Git об этом еще не знает) или подготовленном к коммиту (это измененный файл). Таким образом, вот жизненный цикл файла в репозитории:

- Добавление файла в репозиторий – файл имеет статус «неизмененный».
- Файл изменен, но не сообщено об этом Git – файл имеет статус «измененный».
- Сообщаем соответствующей командой Git об изменении файла – файл получает статус «подготовленного к коммиту».
- Делаем коммит, после которого файл снова получает статус «неизменённого». Затем цикл повторяется.

При этом важно понимать, что все эти действия происходят локально на нашем компьютере, хранящем все версии репозитория, мы еще не производили синхронизацию с удаленным сервером Bitbucket.

Результатом работы является готовый к использованию информационный портал кафедры моделирования и системного анализа. Необходимые задачи выполнены:

- Уникальный и необычный дизайн.
- База данных и её модель для фреймворка Django.
- Структура портала.
- Интегрирован Google API.
- Реализованы информационная система «Курсовая работа» и приложение «Рассылка».

Дальнейшее развитие возможно в наполнении актуальной информацией, в создании новых и интеграции существующих разработок кафедры с порталом.

Веб-ресурс кафедры может стать отправной точкой для получения доступа к различным приложениям и разработкам, т.е. стать полноценным веб-порталом. При выборе именно такого пути развития следует провести рефакторинг (анализ

и оптимизация) кода всего сайта: отделить ИС «Курсовая работа», веб-приложение «Рассылка» от кода основного сайта и поместить их в отдельные модули, которые можно будет с лёгкостью редактировать. Это касается как серверной части кода, так и клиентской [5].

Из актуальных доработок следует выделить следующие:

- Создание редактора главной страницы.
- Оптимизация работы с моделями Django, уменьшение количества запросов.
- Перенос кода запросов к моделям из шаблонизатора Django в контроллеры.
- Полное отделение ИС «Курсовая работа» в самостоятельное Django – приложение.
- Оптимизация запросов к DOM-модели в javascript файлах.
- Проверка данных на стороне сервера, а не только на клиентской части сайта.
- Добавление отсутствующих обработчиков ошибок при обращении к моделям Django.
- Добавление уведомлений об изменении состояния курсовых работ, новых сообщениях и т.д., отправляемых автоматически на электронные ящики участников.
- Автоматическая отправка уведомлений об ошибках с кодами ошибок и другой нужной информации разработчику.
- Отладка всей системы для нормальной работы в разных браузерах.
- Добавление поддержки мобильных устройств.

#### Литература

1. Когаловский М.Р. Перспективные технологии информационных систем. М.: ДМК Пресс, 2003. 288 с.
2. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений. М.: Вильямс, 2006. 544 с.
3. Карвин Б. Программирование баз данных SQL. Типичные ошибки и их устранение. М.: Рид Групп, 2011. 336 с.
4. Стоунз Р., Мэттью Н. PostgreSQL. Основы. СПб.: Символ-Плюс, 2002. 640 с.
5. Айвалиотис Д. Администрирование сервера NGINX. М.: ДМК-Пресс, 2013. 288 с.

УДК 004.01

#### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫДАЧИ СПРАВОК С МЕСТА УЧЕБЫ НА ОСНОВЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ

*А.В. Мельников, О.А. Сарычева*

Предлагаются коллекция программных продуктов и компонентов Microsoft SharePoint, структурная схема системы выдачи справок, ER-модель и описание полей базы данных, описание веб-приложения.

**Ключевые слова:** программный комплекс Microsoft Sharepoint Server 2007, базы данных, структурная схема, ER-модель, поля базы данных, запросы, сложные запросы, веб-приложение, форма, запись, программный продукт.

Ситуаций, когда необходима справка с места обучения, выданная каким-либо образовательным учреждением (колледжем, государственным или частным вузом), довольно много. Понадобится справка об обучении может для оформле-

ния визы или загранпаспорта, для предоставления в военкомат с целью получения отсрочки или по месту работы в качестве веской причины для оформления внеочередного отпуска.

Поэтому справки с места учёбы занимают особое место также в составе документации по личному составу студентов.

Их основная цель – подтвердить обучение студента.

Как правило, справка с места учёбы имеет стандартный вид. Но бывает, что справка с места учёбы должна содержать определённую информацию или иметь заданный вид. Поэтому студенту следует предупредить секретаря, что в заявлении о выдаче справки должен быть определен состав сведений, при этом особое значение имеет то, для каких целей студенту необходима справка, так как от этого зависит место её требования, и иногда необходимо указать адрес ее представления.

Справка с места учёбы подписывается заведующим кафедрой и заверяется печатью факультета, на котором обучается студент.

Учет выданных справок с места учёбы ведется с помощью специального журнала или книги. Порядковый номер в журнале (книге) соответствует номеру справки. Краткое содержание справки включает в себя лишь вводную часть этого документа – «о форме обучения студента», «о курсе обучения студента», «о финансировании обучения студента», «о приказе зачисления студента», «о периоде обучения студента», «о месте требования справки» и т.д. Ведет журнал (книгу) учета справок с места работы секретарь.

Обычно справка выдаётся по письменному заявлению студента не позднее 3 дней со дня подачи этого заявления. И зачастую, чтобы подать заявление на справку с места учёбы, необходимо либо в определённые часы приёма прийти, либо ждать очереди, и пр., что весьма доставляет неудобства студенту и соответственно секретарю.

В данной работе предлагается автоматизировать систему выдачи справок с места учебы, разработав веб-приложение на основе MS Sharepoint, с графическим интерфейсом, ориентированным на конечного пользователя, который будет способен в полной мере решить поставленную задачу с использованием минимальных системных ресурсов.

#### **Серверное приложение Microsoft SharePoint**

**Microsoft SharePoint** – это бесплатное серверное приложение, которое организации могут использовать для обеспечения совместной работы, предоставления средств управления содержимым, внедрения бизнес-процессов и предоставления доступа к сведениям, важным для организационных целей и процессов [1].

#### **Структурная схема системы выдачи справок**

Описание схемы [2]:

1. Студент подает заявку на выдачу справки – студент записывает в «Журнал регистрации и выдачи справок с места учебы» свои данные: номер по порядку, дату заявки, фамилию, имя, отчество, курс, на котором обучается, указывает место, куда требуется справка, форму обучения и количество справок.
2. Ответственное лицо рассматривает данную заявку, составляет справку согласно стандарту, печатает и подает на подпись заведующему кафедрой.
3. Заведующий кафедрой подписывает справку и заверяет печатью факультета – заведующий кафедрой подписывает и заверяет печатью справку и возвращает ее ответственному лицу.
4. Выдача справки студенту подавшему заявку – ответственное лицо выдает справку студенту, подавшему заявку (рис. 1).

Для разработки веб-приложения необходимы следующие данные:

- информация о студентах, обучающихся на факультете;
- журнал регистрации и выдачи справок с места учебы.

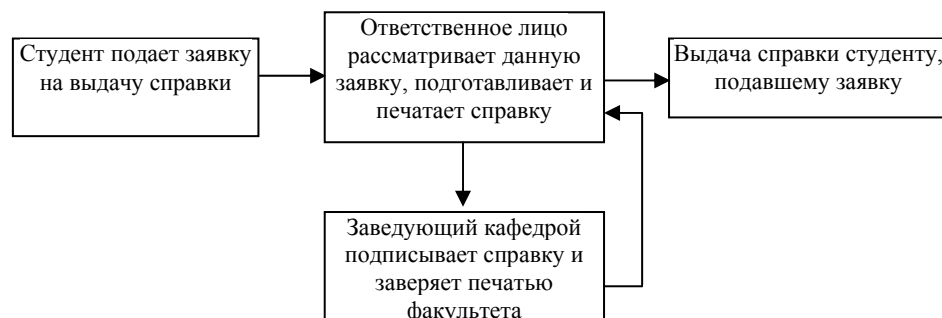


Рис. 1. Структурная схема системы выдачи справок

### ER-модель и описание полей базы данных [3]

1. Таблица «Студенты» содержит информацию о студентах, обучающихся на данном факультете. Она содержит следующие поля:

- ID\_студента (тип данных: счетчик) – идентификационный номер студента;
- ФИО (тип данных: символьный) – фамилия, имя и отчество студента;
- курс (тип данных: целочисленный) – курс, на котором обучается студент.

2. Таблица «Выдача\_справок» содержит информацию о заявке на выдачу справки с места учебы. Она содержит следующие поля:

- порядковый\_номер (тип данных: счетчик) – идентификационный номер;
- дата\_заявки (тип данных: дата и время) – дата поступления заявки на справку;
- курс (тип данных: целочисленный) – номер курса, на котором обучается студент;
- группа (тип данных: символьный) – номер группы, в которой обучается студент;
- ФИО\_студента (тип данных: символьный) – фамилия, имя и отчество студента;
- место\_требования (тип данных: логический) – наименование места, куда требуется справка;
- количество\_справок (тип данных: целочисленный) – необходимое количество справок (рис. 2).



Рис. 2. ER-модель «Сущность связь»

**Описание веб-приложения** [4]. Для реализации веб-приложения были разработаны следующие формы:

1. Форма для создания новой записи – данная форма позволяет пользователю добавлять в базу данных новую запись (рис. 3).

№ *	2
Дата_заявки	16.06.2013
Курс	4
Группа	921н-с
ФИО	Мельников Александр Викторович
Место_требования	По месту требования
Финансирование	ПВЗ
Количество_справок	2

Рис. 3. Форма для создания новой записи

2. Форма для отображения данных – данная форма позволяет пользователю просмотреть запись в таблице (рис. 4).

№	2
Дата_заявки	20.06.2013
Курс	4
Группа	921н-с
ФИО	Мельников Александр Викторович
Место_требования	По месту требования
Финансирование	ПВЗ
Количество_справок	2
Номер_приказа	№8687
Дата_приказа	21.08.2011
Начало_обучения	01.09.2011
Окончание_обучения	31.08.2013

Создан в 20.06.2013 13:58 пользователем: COMP\admin  
Изменен в 20.06.2013 14:38 пользователем: COMP\admin

Закрыть

Рис. 4. Форма для отображения данных

3. Форма для изменения данных – данная форма позволяет пользователю вносить изменения в таблицу (рис. 5).

№ *	2
Дата_заявки	20.06.2013
Курс	4
Группа	921н-с
ФИО	Мельников Александр Викторович
Место_требования	По месту требования
Финансирование	ПВЗ
Количество_справок	2
Номер_приказа	№8687
Дата_приказа	21.08.2011
Начало_обучения	01.09.2011
Окончание_обучения	31.08.2013

Создан в 20.06.2013 13:58 пользователем: COMP\admin  
Изменен в 20.06.2013 14:30 пользователем: COMP\admin

OK Отмена

Рис. 5. Форма для изменения данных

4. Главная форма – данная форма позволяет пользователю просмотреть содержимое всей таблицы (рис. 6).

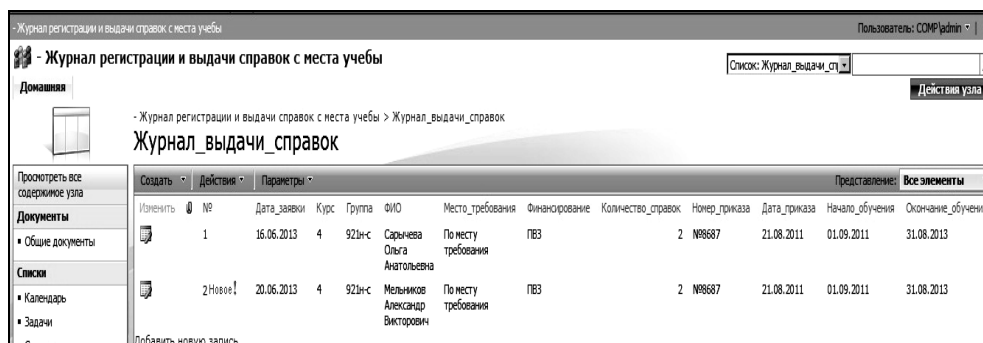


Рис. 6. Главная форма

**Заключение.** Исходя из поставленных задач, в результате выполненной работы можно сделать следующие выводы.

1. Проанализирована система выдачи справок с места учёбы, выявлены её недостатки.
2. Изучены технологии создания баз данных, построения сложных запросов, а также программный комплекс Microsoft Sharepoint.
3. Разработана программная часть веб-приложения на основе MS Sharepoint, обладающего простым и ориентированным на конечного пользователя веб-интерфейсом.

Разработанный программный продукт полностью решает задачу, для которой он предназначен.

#### Литература

1. Инглиш Б. Microsoft SharePoint Microsoft Office SharePoint Server 2007 / Б. Инглиш. М.: ЭКОМ Паблишерз, 2007. 1104 с.
2. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика = Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management. 3-е изд. М.: Вильямс, 2003. 1436 с.
3. Пин-Шен Чен П. Модель «сущность–связь» – шаг к единому представлению о данных / П. Пин-Шен Чен. ACM Transactions on Database Systems. 1976. Vol. 1, № 1.
4. Самойлов Е.Э. Web-дизайн для начинающих / Е.Э. Самойлов. М.: Триумф, 2009. 194 с.

УДК 654.19:621.396.97

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SDR-ПРИЕМНИКОВ НА БАЗЕ RTL2832U И LABVIEW В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

*В.С. Ошлаков*

Рассматривается применение USB-приемников на базе демодулятора RTL2832U как программно-конфигурируемого радио (SDR), в учебных курсах, связанных с приемом и обработкой сигналов. Для программной поддержки используется среда LabVIEW.

**Ключевые слова:** SDR-приемники, Labview, учебный процесс.

В профессиональной подготовке специалистов в области радиофизики большое значение имеют курсы, связанные с приемом и обработкой сигналов. При реализации данных курсов часто используется компьютерное моделирование на базе многофункциональных программных пакетов: MATLAB, LabView и др. Для повышения эффективности формирования профессиональных компетенций специалиста студентам необходимо решать реальные задачи, связанные с приемом и обработкой сигналов. Удобными устройствами для решения таких задач являются SDR-приемники [1], в которых аппаратная часть минимизирована, а обработка данных реализуется программно.

Предлагаемое на рынке серийное оборудование SDR может использоваться в учебном процессе, но имеет ряд недостатков:

- цена данного оборудования очень велика;
- габариты данного оборудования не всегда удобны для использования его в учебном процессе.

В таких условиях привлекают внимание недорогие и малогабаритные устройства с весьма широким диапазоном частот, потребительского назначения, изначально использующиеся для приема цифрового телевидения на компьютере.

- Разрядность АЦП – 8 бит.
- Максимальная частота дискретизации – 3,2 МГц.
- Диапазон частот от 24 до 1766 МГц.

К настоящему времени разработано достаточно много приложений для работы с данными устройствами, однако большинство из них не позволяет получать квадратурные и синфазные компоненты в реальном времени, что необходимо для решения учебных задач. Наиболее полный доступ к компонентам сигнала предоставляют пакеты MATLAB и LabView. Некоторые примеры работы MATLAB с данными устройствами рассмотрены в данной статье [2].

**Модернизация программного обеспечения.** Программу на LabView [3] для использования приемника как виртуального прибора создал Andras Retzler в 2013 г. Анализ данной программы показал неоптимальность ее реализации, в результате чего автором была проведена модернизация, позволившая решить следующие задачи:

1. Настройку центральной частоты и полосы обзора приёмника.
2. Получение и отображение квадратурных компонент радиосигнала в реальном времени.
3. Дополнение программы приёма фрагментами, реализующими процедуры детектирования аналогового и цифрового ЧМ-сигнала.

На рис. 1 приведен фрагмент, реализующий демодуляцию АМ и ЧМ-сигналов. SDR-приемник переносит с установленной несущей частоты на нулевую частоту и формирует комплексный сигнал в основной полосе из двух квадратур. Затем полученные квадратуры смещаются по уровню на половину диапазона и преобразуются из декартовой системы координат в полярную фазу. После этого производится снижение частоты дискретизации 250 кГц в пять раз для согласования с частотой дискретизации звуковой карты, и расчёт мгновенной частоты с помощью численного дифференцирования мгновенной фазы.

В результате выполнения такого расчёта формируется демодулированный звуковой сигнал, который может быть воспроизведён с помощью динамиков. Для приёма цифровых сигналов могут использоваться аналогичные собственные фрагменты программ или готовые функции из пакета Modulation Toolkit [4].





Рис. 1. Блок-диаграмма демодуляции сигналов

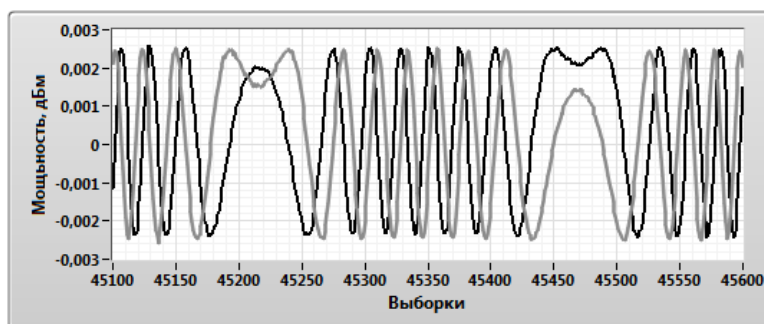


Рис. 2. Осциллограмма ЧМ-сигнала, снятого с NI-PXIe-5644R

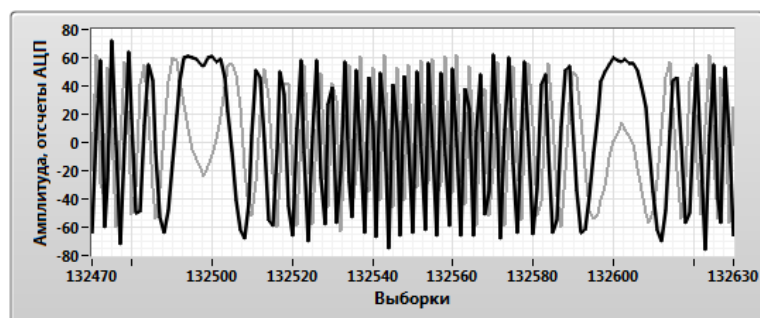


Рис. 3. Осциллограмма ЧМ-сигнала, снятого с SDR-приемника на базе RTL2832U

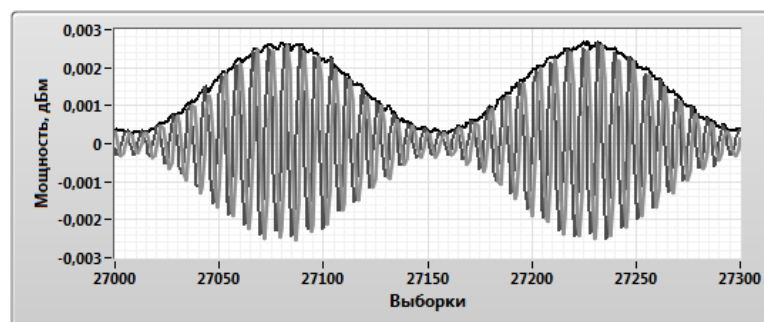


Рис. 4 Осциллограмма АМ сигнала, снятого с NI-PXIe-5644R

Рисунки 2–5 наглядно показывают, что наш SDR-приемник заметно уступает по качеству приема сигналов NI-PXIe-5644R [5], но этого вполне достаточно для использования его в учебном процессе.

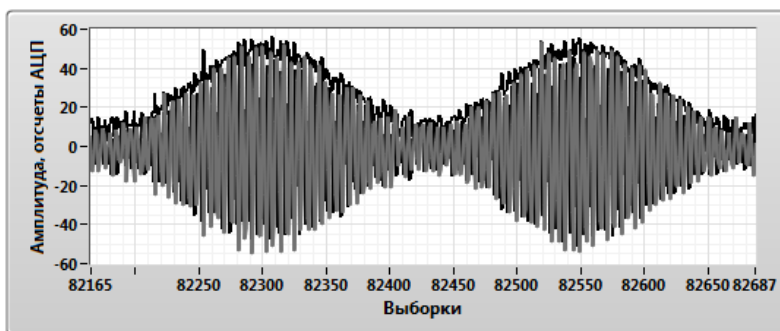


Рис. 5. Осциллограмма АМ сигнала, снятого с SDR-приемника на базе RTL2832U

**Заключение.** Модернизированное программное обеспечение на LabVIEW позволяет эффективно применять SDR-приемники в курсах направления «Радиофизика» АлтГУ, в частности, при выполнении лабораторных работ по курсам «Техника приёма и обработки сигналов» и «Телекоммуникационные системы».

#### Литература

1. Галкин В.А. Основы программно-конфигурируемого радио. М.: Горячая линия-Телеком, 2013. 372 с.
2. Сергиенко А.Б. О возможности использования USB-приёмников на базе демодулятора RTL2832U в учебном процессе // DSPA–2014. Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение». С. 126–130.
3. Andris B. SDRLab: an RTL-SDR Interface to LabVIEW for Educational Purposes (<http://ha5kfu.sch.bme.hu/sdrlab>).
4. NI PXIe-5644R/5645R/5646R 6 GHz Vector Signal Transceivers. Режим доступа: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/210629> (дата обращения: 18.09.15).
5. Суранов А.Я. Моделирование беспроводных систем передачи сигналов и данных на LabVIEW. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2014. 107 с.

УДК 378.046.2

#### 1С КАК ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ В ВУЗЕ

*Д.Е. Панов*

1С – самый распространенный программный продукт в России для управления предприятием и организации производственных процессов. Необходимо обучать студентов основам работы на данной платформе.

**Ключевые слова:** 1С, образование.

На сегодняшний день компьютерные технологии не являются чем-то невообразимым и не понятным. Уже нельзя оставлять незамеченной роль, занимаемую ими в нашей жизни, ведь на что бы мы ни обратили свой взор, почти все сделано с помощью компьютерных технологий, и это неспроста. В настоящее время количество производимой человечеством информации просто колоссально, и с каждым годом этот пласт всей мировой информации удваивается. Ресурсы головного мозга, к сожалению, не безграничны, и справиться с огромным по-

током информации, а точнее вычленишь ту часть, что действительно нужна, не так-то просто. И в век информационных технологий на помощь человеку приходит компьютер, который спокойно может хранить терабайты информации и помогать ее отсортировать. Но вся мировая информация не может исчисляться терабайтами. Мировую информацию можно исчислять зетабайтами, а это огромнейшая разница с тем количеством информации, что может хранить рядовой компьютер, но не серверы, что хранят данные, которые мы можем получить, связавшись с ними по сети Интернет.

Интернет стал следующим и наиболее популярным на данный момент средством обработки и получения информации, ведь теперь не обязательно хранить на персональном компьютере всю накопленную информацию, тем самым занимая пространство на жестком диске, теперь можно получить ее с любого устройства, в любой точке мира имея подключение к сети Интернет.

Но, так же, как компьютеры, развиваются и люди. Из поколения в поколение все большее количество информации может усвоить человеческий мозг. Дети сейчас на уровень умней детей пятнадцать и двадцать лет назад, ведь они могут усвоить большее количество информации, а главное, у них больше источников для ее получения. И тут нельзя не обратить внимание на систему образования. В результате информационного взрыва должна произойти революция в системе образования. Детей стоит учить работе на уже развитых и достаточно популярных программных продуктах, так как хоть и на начальном уровне, но они смогут их освоить, приобретя навыки, действительно востребованные в настоящем мире. Одними из самых востребованных программных продуктов в России являются продукты компании «1С», и на деятельности этой компании, а также проекции ее продукции на учебный процесс в университете хотелось бы заострить внимание.

«1С» – аббревиатура, с которой знаком почти каждый в России, поскольку продукты компании «1С» сопровождают нас повсеместно. Например, при принятии на работу отражают данную операцию в конфигурации «1С: Зарплата и управление персоналом», а также при начислении зарплаты в конфигурации «1С: Бухгалтерия предприятия», при покупке в магазине пробивают чек также в программе «1С».

На сегодняшний день продуктами компании «1С» пользуется большинство компаний, предприятий, производств. Программные продукты данной торговой марки весьма востребованы, так как имеют ряд преимуществ, и самым главным из них являются: интуитивно понятный интерфейс программы; быстрота обработки запросов; достаточно прозрачные расчеты; гибкость настройки; возможность доработки программы под отдельно взятое предприятие. Некоторые плюсы программы стоит разобрать подробнее.

Во-первых, интуитивно понятный интерфейс программы. Компания «1С» старается максимально облегчить работу пользователей, поскольку чем быстрее сотрудник освоит программу, тем раньше он приступит к ведению учета на предприятии. Революционным шагом в изменении интерфейса стал переход на версию 3.0 с добавлением интерфейса «Такси». В данной версии интерфейс пользователя был оптимально настроен.

Во-вторых, гибкость настройки. Продукты компании «1С» обладают уникальной системой настройки баз данных отдельно под каждого пользователя. Имеется возможность вывода необходимых функциональных элементов в панель

быстрого доступа. Также имеется возможность настройки прав доступа пользователей.

В-третьих, возможность доработки программы под отдельно взятое предприятие. Довольно часто в ведении учета того или иного предприятия наблюдаются особенности, не предусмотренные в типовой конфигурации. Но для продуктов компании «1С» это не является проблемой. Программа достаточно открыта для изменений и, что самое важное, все функциональные элементы упорядочены. Некоторые изменения может внести обычный пользователь программы. Примером таких изменений может служить печатная форма, которую можно настроить под индивидуальные потребности.

И главное – глобальные проекты компании «1С». Инновационным решением в сфере автоматизации крупных предприятий является «1С:ERP Управление предприятием 2.0». В разработке данного продукта участвовал экспертный совет, в который вошли специалисты ведущих партнеров «1С». В тестировании данного продукта принимали участие сотни компаний-партнеров «1С». Конфигурация ERP является системой международного класса, в ней используются все новейшие технологии, включая облачные хранилища и работу на мобильных устройствах. Данная система включает невысокую стоимость владения и возможность получения существенного экономического эффекта с ростом производительности труда и быстрым возвратом инвестиций.

Как было отмечено выше, преимуществ у программных продуктов компании «1С» достаточно много, но не обходится и без минусов. Самый значительный недостаток программы заключается не в ее существующей недоработке, но в огромном числе плюсов. Проблема современности состоит в том, что огромное количество вычислительных процессов за человека выполняет машина. Поэтому, например, десять лет назад бухгалтер знал в совершенстве весь бухгалтерский учет, что давало ему чувство уверенности и свободы. Сейчас же, поскольку бухгалтер не пишет бухгалтерские проводки, т.к. все автоматизировано и большинство операций за пользователя выполняет компьютер, возникающие нестандартные ситуации в программе не редко ставят пользователей в тупик.

Данный недостаток не является причиной отказа от использования программных продуктов для ведения учета, ведь ряд преимуществ и быстрое проведение вычислительных операций бесспорно экономят время, которое сейчас на вес золота. Однако исключительно важно повышение квалификации сотрудников в направлении ориентирования в архитектуре работы программы, поэтому предпочтительно начинать данную подготовку специалистов на уровне вуза. Разработка на платформе «1С» делится на программирование и конфигурирование. Студентам стоит дать конфигурирование как начальный инструмент обучения. Всех без исключения в школе, вузе учат пользоваться продуктами Microsoft Office, Open Office и т.д. Предлагаем заменить некоторые из продуктов платформой «1С» подобно, тому как в текстовом редакторе в «1С» можно вводить, форматировать и отправлять на печать тексты, как в Excel выводить статистические графики и многое другое.

Таким образом, платформа «1С» становится для студентов не дополнительной нагрузкой, а инструментом для учебы с перспективой на будущее. Постепенно следует задействовать и программирование на платформе «1С», возможно не углубленно, но даже основы не помешают для общего развития студентов. В итоге выпускник со знанием архитектуры работы программы будет востребован на рынке труда, что не может не отразиться на популярности вуза. В результате,

несомненно, данное решение повысит уровень знания выпускника и, как следствие, его шансы найти достойную работу.

#### Литература

1. Панов Д.Е. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015615497 «Web-решение для изучения языков программирования HTML и JavaScript с использованием библиотеки jQuery».

УДК 004.4

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

*С.А. Панов, В.В. Пак, С.А. Стёжкин*

Описывается применение современных программных средств в процессе обучения студентов техническим дисциплинам: автоматизированного учебно-методического комплекса – для автоматизации процесса выполнения лабораторных работ по дисциплине «Вычислительные машины, системы и сети» и системы интерактивного документирования – для автоматизации процесса формирования отчётов по лабораторным работам по дисциплине «Теоретические основы электротехники».

**Ключевые слова:** автоматизация, обучение, лабораторные работы, программные средства, интерактивность, документирование, отчёт, технические дисциплины.

Вместе с быстрым ростом количества новой информации, порождаемой человеческим обществом, также быстро происходит и её устаревание. Именно поэтому при подготовке высококачественных специалистов в современных технических вузах уделяется повышенное внимание к актуальности учебных материалов и применению современных программных средств, позволяющих автоматизировать процесс обучения. При использовании таких средств существенно сокращаются затраты времени на выполнение множества повторяющихся действий (операций), например, становится возможным автоматизировать процессы проведения и выполнения лабораторных работ по техническим дисциплинам. Специфика лабораторных работ по техническим дисциплинам заключается в следующем:

- 1) применение вычислительной (компьютерной) техники;
- 2) работа с точными данными (требуется низкая погрешность получаемых данных);
- 3) выполнение сложных математических расчётов;
- 4) применение современных средств автоматизации и использования специализированного программного обеспечения (систем автоматизированного проектирования, систем автоматизации математических расчётов, систем моделирования, графических редакторов, пакетов офисных программ и др.).

Для автоматизации процесса выполнения лабораторных работ по техническим дисциплинам целесообразно использование автоматизированных обучающих систем (АОС), например таких, как «Mirapolis Virtual Room», «Webinar»,

«Виртуальный класс Websoft», «WebTutor», «Прометей», «Moodle», «Автоматизированный учебно-методический комплекс». Самые современные АОС представляют собой программно-технические комплексы, включающие в себя методическую, учебную и организационную поддержку процесса обучения, проводимого на базе информационных технологий. В общем случае в рамках АОС могут решаться следующие задачи:

- задачи, связанные с регистрацией и статистическим анализом показателей усвоения учебного материала: определение времени решения задач, определение общего числа ошибок и т.д. К этой же группе относятся и задачи управления учебной деятельностью;
- задачи, связанные с проверкой уровня знаний, умений и навыков учащихся до и после обучения, их индивидуальных способностей и мотиваций;
- задачи АОС, связанные с подготовкой и предъявлением учебного материала, адаптацией материала по уровням сложности, подготовкой динамических иллюстраций, контрольных заданий, лабораторных работ, самостоятельных работ учащихся;
- задачи администрирования системы, доставки учебного материала на рабочие станции и задачи обратной связи с обучаемым.

**Автоматизированный учебно-методический комплекс.** Среди существующих АОС наиболее выделяется автоматизированный учебно-методический комплекс (АУМК), обладающий целым рядом существенных преимуществ по сравнению с имеющимися отечественными и зарубежными аналогами. АУМК позволяет предоставить удалённый доступ студентам и преподавателям к курсу лекций, лабораторным работам, экзаменационным билетам, самостоятельным работам и другим учебным материалам по целому ряду технических дисциплин, например таким, как «Вычислительные машины, системы и сети» и «Теоретические основы электротехники». АУМК состоит из пяти базовых модулей:

1. Курс лекций – содержит теоретический материал по изучаемому курсу. При прочтении каждой работы каждый студент нажимает кнопку о прочтении текущего материала. Эта информация попадает в журнал, где студент и преподаватель всегда могут увидеть место последнего изучения курса.

2. Лабораторные работы – предназначены для проведения лабораторных работ. Состоят из краткого вводного материала, допускового контроля в виде теста с альтернативными ответами. После выполнения допускового контроля (с заданным процентом прохождения) система предоставляет доступ к тексту выполнения лабораторной работы. Во время выполнения лабораторной работы студенту можно предложить отчетную форму в виде шаблона, которую он может заполнить и сдать преподавателю, присоединив отчет в системе к выполненной лабораторной работе.

3. Банк вопросов и задач – данный модуль предназначен для ввода вопросов и задач в систему АУМК. Остальные две подсистемы: «Экзаменатор» и «Задачник» – используют разделы, введенные с помощью данного модуля.

4. «Экзаменатор» предназначен для создания вопросов и билетов как в альтернативной (есть возможность выбора правильного ответа из нескольких предложенных), так и безальтернативной форме (результаты и ответы на вопросы и задачи вносит сам студент).

5. «Задачник» предназначен для создания списка задач в безальтернативной форме. Предполагает активное участие программных продуктов «МАРС» и «Макрокалькулятор».

Процесс выполнения лабораторной работы по технической дисциплине с применением АУМК условно состоит из следующих последовательных действий:

- 1) студент выполняет вход в АУМК (путём ввода логина и пароля);
- 2) выбор дисциплины из списка доступных;
- 3) выбор вкладки «Лабораторные работы»;
- 4) выбор лабораторной работы из списка доступных;
- 5) непосредственное выполнение лабораторной работы согласно заданию;
- 6) формирование отчёта по выполненной лабораторной работе и отправка его на проверку преподавателю;
- 7) проверка отчёта преподавателем и выставление оценки.

Отчёт по лабораторной работе по технической дисциплине, как правило, содержит описание проведённых расчётов (в том числе математические выражения и формулы), рисунки, графики, диаграммы, таблицы экспериментальных данных и другие элементы. Процесс формирования отчёта можно автоматизировать за счёт применения специализированных программных средств – систем автоматизированного документирования (САД). Существующие в настоящий момент САД (Simulink Report Generator, DIAdem, FastReport, FrameMaker и др.) обладают одним существенным недостатком – они формируют отчёт только в виде конечного (т.е. уже завершённого) документа, поэтому при поступлении новых данных требуется заново (повторно) формировать новый документ.

**Система интерактивного документирования.** Для решения проблемы автоматизированного формирования отчётов по лабораторным работам на кафедре моделирования и системного анализа ТУСУРа было предложено использование системы интерактивного документирования (СИД), в которой документ имеет интерактивный характер – при изменении каких-либо данных в системе-источнике такой документ автоматически обновляется [1–3]. СИД является сложным программным комплексом, состоящим из множества подпрограмм, нацеленных на автоматизацию процессов формирования, своевременного обновления и передачи технических документов в различные системы. СИД состоит из пяти основных модулей:

- 1) графический интерфейс пользователя;
- 2) редактор структуры документов;
- 3) интерпретатор структурных элементов документов;
- 4) библиотека моделей компонентов (БМК);
- 5) модуль интеграции с внешними источниками информации (например, базами данных).

БМК СИД содержит набор компонентов, представляющих собой компьютерные модели, используемые для формирования интерактивных документов. Примеры компонентов:

- 1) «Источник текста» – используется для вставки форматированного текста в документ;
- 2) «Приемник текста» – используется для отображения текста на визуальном слое;
- 3) «Документ» – используется для компиляции всей поступающей на него информации, установки шаблона документа и генерации итогового документа;
- 4) «Формирователь таблиц» – используется для формирования таблицы (на основе поступающих в данный компонент данных) и передачи их в документ;
- 5) «Числовой интерпретатор» – используется для преобразования числовых значений в строковые;

6) «Рисунок» – используется для вставки произвольных рисунков в документ.

Работа в СИД описывается следующей последовательностью действий:

1. Формирование структурной схемы документа путем добавления компонентов из БМК на поле редактора и соединения их между собой.
2. Установка значений в параметрах компонентов (параметризация компонентной цепи).
3. Установка шаблона документа одним из двух способов:
  - В свойстве «Путь к шаблону» компонента «Документ» задает полный путь к файлу, содержащему шаблон документа.
  - Шаблон задается вручную в текстовом редакторе Microsoft Office Word, который запускается при двойном клике мышью по компоненту «Документ». Шаблон представляет собой особый вид текстового документа, в котором содержатся статический текст и набор специальных тегов. Теги – это уникальные метки для установки места вставки динамического содержимого. Структура тега: открывающая угловая скобка (<), уникальное имя тега, закрывающая угловая скобка (>). Имена тегов должны быть уникальными и отражать логическое содержимое вставляемых данных. Пример тега: <ФИО\_автора>.
4. Запуск процесса генерации документа по заранее заданному шаблону.
5. Открытие полученного документа для редактирования, сохранения или вывода его на печать.

Разработанная СИД была успешно протестирована (апробирована) при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Теоретические основы электротехники». При использовании СИД удалось значительно сократить время на формирование отчётов по уже завершённым работам, что позволяет выделять больше времени именно на процесс выполнения лабораторной работы.

**Интеграция автоматизированного учебно-методического комплекса с системой интерактивного документирования.** Интеграция АУМК с СИД позволяет:

1) автоматически формировать отчёты по лабораторным работам и отправлять их в АУМК (для проверки преподавателем), а также отчёты, содержащие результаты контрольного тестирования в АУМК;

2) сформировать единую базу данных (БД), содержащую данные о студентах и их успеваемости;

3) добавить в АУМК новый модуль – «автоматизированное рабочее место преподавателя (АРМП)», предназначенный для оперативного формирования рабочих программ (РП), а также журнала текущей успеваемости студентов. РП будут формироваться преподавателями для автоматизированной организации процесса обучения по техническим дисциплинам на основании следующих документов и справочников:

- выписка из ГОС ВПО, введенная в БД АУМК;
- документ, регламентирующий учебный процесс на текущий семестр;
- документ, задающий формат РП;
- положение вуза о рейтинговой системе;
- справочники БД АУМК.

Обмен данными между АУМК и СИД должен осуществляться за счёт формирования, отправки, приёма и разбора (парсинга) XML-документов посредством локальной вычислительной сети, а также использования единой (централизованной) БД.



Данные, которые должны автоматически передаваться из АУМК в СИД:

- 1) ФИО студента;
- 2) номер группы студента;
- 3) номер и название выполненной лабораторной работы;
- 4) вариант выполненной лабораторной работы;
- 5) текст задания на лабораторную работу;
- 6) другие данные.

**Заключение.** Большая часть времени, отводимого на выполнение лабораторных работ, у студентов уходит на получение индивидуальных заданий и формирование отчётов по завершённым лабораторным работам. Применение автоматизированного учебно-методического комплекса позволяет автоматизировать процесс выполнения лабораторных работ, а применение системы интерактивного документирования – процесс формирования отчетов.

Объединение АУМК и СИД в одну систему позволит автоматизировать процессы проведения и выполнения лабораторных работ по техническим дисциплинам, что является актуальной задачей в области автоматизации процесса обучения студентов технических вузов.

### **Литература**

1. Дмитриев В.М. Формирование системы автоматизированного документирования методом компонентных цепей / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, С.А. Панов // Информатика и системы управления. 2014. № 3 (41). С. 12–22.
2. Ганджа Т.В. Задачи и архитектура подсистемы документирования исследований в среде многоуровневого моделирования МАРС / Т.В. Ганджа, С.А. Панов // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2011. № 2(24), ч. 2. С. 334–338.
3. Панов С.А. Формальный язык описания структуры документов и его интерпретация в формат метода компонентных цепей // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2014. № 1(31). С. 197–200.

УДК 004.942

### **ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ УЧЕБНО-ИЛЛЮСТРАТИВНЫМ МОДУЛЕМ В АНАЛИЗЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА**

***А.В. Шутенков***

Анализируется линейная электрическая цепь в переходном режиме. Для более глубокого понимания изложен процесс получения граничных условий в виде учебно-иллюстративного модуля.

**Ключевые слова:** учебно-иллюстративный модуль, граничные условия, схема.

Для анализа переходного процесса в линейных электрических цепях требуется определение граничных условий. Граничные условия образуются совокупностью независимых начальных условий (ННУ), зависимых начальных условий (ЗНУ) и конечных условий (КУ).

К независимым начальным условиям относятся токи в индуктивностях и напряжения на емкостях в исследуемой цепи. Эти величины необходимо определить непосредственно перед коммутацией (обозначение момента времени  $t = 0_-$ ).

К зависимым начальным условиям относятся напряжения на индуктивностях, токи в емкостях, токи и напряжения на активных сопротивлениях в исследуемой цепи. Эти величины необходимо определить сразу после коммутации (обозначение момента времени  $t = 0_+$ ).

Конечные условия (токи и напряжения на всех элементах) определяются в установившемся режиме после коммутации (в момент времени  $t = \infty$ ).

Учебно-иллюстративными модулями (УИМ) называется программно-инструментальное приложение к интерактивному учебнику, построенное на основе многоуровневых компьютерных моделей для целей более глубокого раскрытия законов, принципов или методов, излагаемых в какой-либо дисциплине. Для реализации УИМов используется среда моделирования МАРС [1]. Данная среда моделирования позволяет представить моделируемый эксперимент на трех уровнях [2] (объектном, логическом и визуальном), имеющих свои отображения в соответствующих слоях многослойного редактора. Алгоритм и схема построения УИМа приведены в [3].

Рассмотрим использование УИМа для определения граничных условий переходного процесса на примере исходной схемы, представленной на рис. 1.

В объектном слое расположены вспомогательные схемы для определения граничных условий. Схема для определения ННУ (рис. 2) представляет собой исходную схему до коммутации (ключ разомкнут).

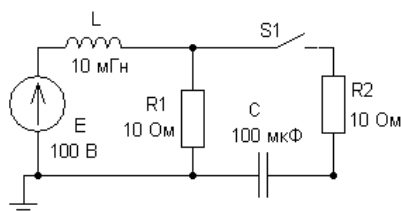


Рис. 1. Исходная схема

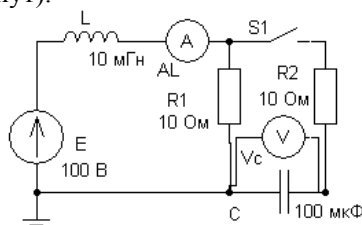


Рис. 2. Схема для определения ННУ (до коммутации – ключ разомкнут)

В этой цепи с помощью приборов (амперметра AL и вольтметра Vc) определяются ток в индуктивности и напряжение на емкости. Затем эти значения передаются с помощью компонентов, расположенных в логическом слое, в визуальный слой, где и наблюдается ход эксперимента. Пример передачи значений (амперметра и вольтметра) с логического слоя в визуальный представлен на рис. 3.



Рис. 3. Передача значений с логического слоя в визуальный

ЗНУ определяются путем расчета эквивалентной схемы (рис. 4). При построении эквивалентной схемы индуктивный элемент заменяется источником тока J1, направленным по току через индуктивность и равным значению тока в индуктивности в момент времени, равный нулю. Емкостный элемент заменяется

источником с ЭДС, равной значению напряжения на емкости в момент времени равный нулю и направленной противоположно току в емкости. Полученная схема является резистивной с источниками постоянных сигналов. Она справедлива только для момента времени  $t = 0$ .

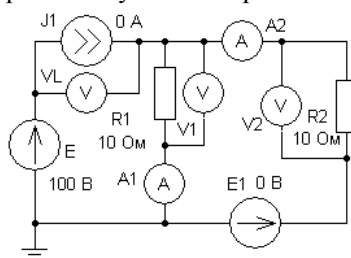


Рис. 4. Схема для определения ЗНУ (после коммутации – ключ замкнут)

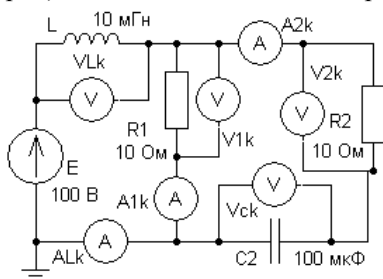
Значения параметров источников тока и напряжения для этой схемы передаются на логическом слое из схемы определения ННУ. Для передачи этих значений необходимо во время эксперимента нажать кнопку передачи ННУ в эквивалентную схему, расположенную в визуальном слое (рис. 5).

Рис. 5. Кнопка передачи ННУ

Кнопка передачи ННУ в эквивалентную схему

No image

Определенные в этой цепи с помощью приборов (амперметров и вольтметров) необходимые токи и напряжения передаются с помощью компонентов, расположенных в логическом слое, в визуальный слой, где и наблюдается ход эксперимента.



По схеме (рис. 6) определяются все токи и напряжения в момент времени  $t = \infty$  (т.е. КУ). Это исходная цепь после коммутации.

Рис. 6. Схема для определения КУ (после коммутации – ключ замкнут)

Результаты эксперимента отображаются в виде значений приборов в визуальном слое системы (рис. 7).

Определение граничных условий в линейных электрических цепях с переключателем							
Кнопка передачи ННУ в эквивалентную схему							
No image							
<b>Независимые начальные условия (до коммутации - ключ разомкнут)</b>				<b>Зависимые начальные условия (после коммутации - ключ замкнут)</b>			
Напряжение на C	0.000	Напряжение на L	50.000	Напряжение на R1	50.000	Напряжение на R2	0.000
Ток в L	10.000	Ток в C	5.000	Ток в R1	5.000	Ток в R2	5.000
<b>Конечные условия (после коммутации - ключ замкнут)</b>							
Напряжение на L	0.000	Напряжение на C	100.000	Напряжение на R1	100.000	Напряжение на R2	0.000
Ток в L	10.000	Ток в C	0.000	Ток в R1	10.000	Ток в R2	0.000

Рис. 7. Результаты эксперимента

### Литература

1. Дмитриев В.М. MAPS – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.
2. Дмитриев В.М. Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. 2013. № 2 (36). С. 24–35.
3. Дмитриев В.М. Методика применения учебно-иллюстративных модулей в интерактивном учебнике / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенкоов, А.В. Сторчак // Современное образование: актуальные проблемы профессиональной подготовки и партнерства с работодателем: матер. междунар. науч.-метод. конф., 30–31 января 2014 г., Россия, Томск. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2014. С. 81–82.

УДК 33:008:316.774

### АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ПО МАТЕМАТИКЕ

*И.О. Смирнова*

Рассматривается актуальность применения обучающих программ по математике в средних общеобразовательных школах на всем этапе обучения предмету.

**Ключевые слова:** экономическая система, инновационные технологии, обучающая компьютерная программа по математике, школа.

Понятие экономической системы очень обширно, она включает в себя совокупность взаимосвязанных экономических элементов и процессов, происходящих между ними, которая образует экономическую структуру города, страны и всего мира. Это система отношений, которая складывается в процессе производства, распределения, обмена и потребления экономических благ.

Одним из элементов экономической системы принято считать общеобразовательные школы и лицеи. Школа – это сложный социально-экономический механизм, который является не только «производителем» знаний, но и главным звеном на пути формирования личности ребенка, его интеллектуализации и социализации. Именно поэтому сегодня большое внимание уделяется внедрению инновационных технологий в процесс обучения школьников.

Инновационные технологии в среднем образовании направлены в первую очередь на повышение качества получаемых знаний, создание индивидуальной среды для обучения школьников, формирование дистанционного процесса обучения для детей с ограниченными способностями, а также на повышение компьютерной грамотности общества.

В настоящий момент наибольшую популярность среди инновационных инструментов, которые активно применяются в школах и лицеях, имеют компьютерные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ). Они встраиваются в процесс обучения, что помогает по-новому представить содержание учебного материала, а также пересмотреть сам процесс обучения и сделать его более гибким и эффективным.

По данным статистики, одним из самых сложных и трудных предметов к изучению в школе является математика. Причинами такой тенденции являются:

разный склад ума у учащихся, предоставляемый материал сложен для понимания без дополнительных пояснений, пробелы в знаниях по различным тематикам, по причине отсутствия на занятиях, осложняют процесс дальнейшего изучения предмета, преподаватель не всегда может изложить учебный материал на «доступном языке» и др. Именно поэтому необходимо рассмотреть возможность применения обучающих компьютерных программ по математике.

Использование обучающих программ по математике в учебном процессе позволяет:

- активизировать процесс изучения предмета;
- сделать процесс обучения индивидуальным;
- увеличить возможность наглядного предоставления материала;
- сместить акценты от теоретических знаний по математике к практическим;
- повысить интерес учащихся к процессу изучения предмета;
- убрать барьеры, препятствующие изучению математики, для детей с ограниченными возможностями;
- повысить эффективность процесса самоконтроля учащихся.

Активизация процесса изучения математики в школе связана с тем, что каждый учащийся работает со своей обучающей программой за своим персональным компьютером, что позволяет снизить возможность пассивного поведения ребенка на уроке.

Индивидуализация процесса обучения заключена в том, что каждый учащийся может сам выбрать для себя комфортный темп изучения темы урока, делать в работе паузы, а также возвращаться к материалу, который был не усвоен в полном объеме.

Сегодняшние возможности ИКТ и языки программирования, применяемые в процессе создания обучающих программ по математике, позволяют создавать компьютерные программы, которые делают процесс изучения материала наглядным и простым, например, создавать 3D-модели математических фигур по трем осям координат.

Обучающие программы по математике дают возможность использовать вычислительные мощности компьютера в процессе изучения предмета, что располагает к увеличению числа решаемых задач.

Одним из ключевых условий успешного процесса изучения предмета является уровень интереса учеников к изучаемому материалу, а использование обучающих программ дает возможность его повысить. Математические компьютерные программы вовлекают учащихся в учебный процесс, что помогает раскрыть способности каждого ребенка, а также активизировать процесс умственной деятельности.

Следует отметить, что компьютерные обучающие программы по математике позволяют изучать предмет самостоятельно в домашних условиях, что является ключевым фактором для детей с ограниченными возможностями, которые не могут позволить себе посещать учебное заведение каждый день.

Благодаря возможности коммуникативного общения с компьютером существенно изменяется процесс самоконтроля. Учащиеся, отвечая на вопросы или решая задачи, могут сравнить собственные решения и ответы с правильными, а в случае ошибки и непонимания самого процесса решения прийти с помощью компьютерной программы к верному ответу.

Актуальность использования обучающих программ по математике для учителя и ученика состоит в том, что:

- работа с компьютерной программой может происходить как на уроке, так и самостоятельно в компьютерном классе или дома;
- задания, формируемые в программе, могут быть тренировочными или контрольными;
- есть возможность многократного повторения материала и ликвидации пробелов по конкретному разделу математики;
- позволяют индивидуализировать (каждый ребёнок может работать в своём темпе за компьютером) и дифференцировать (можно построить уровни сложности задач при работе за компьютером) обучение;
- повышается компьютерная грамотность учащихся и преподавателей;
- обучающие программы позволяют сделать процесс обучения более гибким и легким.

Сегодня рынок обучающих компьютерных программ по математике заполнен различными приложениями для обучения школьников начальных классов, рассмотрим некоторые из них.

1. «Уроки Кирилла и Мефодия. Математика» – это мультимедийный учебник, предназначенный для школьников начальных классов, который разработан в соответствии с государственными стандартами.

Учебник включает 156 анимированных интерактивных тренажеров, с помощью которых школьник научится приемам сложения и вычитания, умножения и деления многозначных чисел, их сравнения; применять переместительное и сочетательное свойства сложения и умножения; определять виды углов, находить на чертежах треугольники и прямоугольники; составлять и решать уравнения [1].

Преимущества данного программного продукта заключаются в простом и интуитивном интерфейсе, обучение математике проходит в легкой игровой форме, также имеется система оценки знаний, что помогает выявить наиболее слабые стороны учащегося.

2. «Отличник» – обучающая компьютерная программа по математике, которая предполагает изучение материала начальной школы в трех режимах: примеры, уравнения, задачи.

Преимущества данной обучающей программы в том, что она бесплатная, имеет интуитивно понятный интерфейс и охватывает всю школьную программу за 1–4-й классы. Основным недостатком данной системы в том, что она не имеет режима тренировки и тестирования, что помогло бы отслеживать пробелы в знаниях ребенка.

3. «Мат-Решка. Математический онлайн-тренажер 1–4» – удобная среда обучения математике для начальной школы, предоставляющая возможность каждому ребёнку изучать математику в соответствии с его способностями [2].

Основным преимуществом данного продукта является то, что обучающая программа составляет план обучения ребенка в соответствии с его интересами, сильными и слабыми сторонами, что позволяет индивидуализировать и дифференцировать процесс получения знаний одновременно.

Как говорилось выше, большинство обучающих программ по математике рассчитаны на учащихся начальной школы, но ведь изучение математики не заканчивается в четвертом классе. После начальной школы математика делится на два курса: алгебра и геометрия, и в большинстве случаев именно на этом этапе изучения предмета возникают большие проблемы с его изучением.

Именно поэтому необходимо рассмотреть возможность создания обучающей программы по математике для учащихся не только начальной школы, но и среднего звена, которая бы соответствовала следующим параметрам:

- сочетала бы возможность изучения как алгебры, так и геометрии;
- соответствовала бы государственным стандартам изучения предмета;
- имела бы возможность создания контрольных заданий разного уровня сложности под руководством преподавателя;
- сочетала бы в себе режимы тренировки и самоконтроля;
- имела бы систему оценки качества знаний учащихся, с возможностью отслеживания пробелов в знаниях;
- имела бы удобный и интуитивно понятный интерфейс.

Хочется отметить, что в рамках своей выпускной квалификационной работы я принимала участие в разработке обучающей программы по математике, которая направлена на изучение предмета школьниками и студентами, а также в разработке модулей для работы преподавателей.

Основными достоинствами разработанного программного продукта можно назвать то, что:

1. В программе учтены все особенности математических вычислений и исключений (например, деление на ноль), что гарантирует отсутствие противоречивых данных при изучении предмета классическим методом и с помощью программы.
2. Позволяет не просто решать примеры в режиме калькулятора, но и строить графики функций, 3D-модели, решать простейшие задачи.
3. Существует возможность корректировки и доработки программного продукта, что позволяет индивидуализировать программный продукт и подстроить его под учебную программу любого образовательного учреждения.
4. Программа позволяет облегчить и ускорить процесс подготовки материала к занятию для преподавателей, так как нет необходимости набора математических символов отдельно, достаточно выбрать необходимый шаблон и заполнить числовые данные или ввести координаты, и программа сама выполнит построение геометрических фигур.
5. Она обеспечивает возможность быстрого создания многовариантных проверочных работ различного уровня сложности, что позволяет индивидуализировать процесс обучения.
6. Программа обладает свойством кроссплатформенности, т.е. может работать на таких операционных системах, как Windows, Android, Mac, iOS и Linux.

В настоящий момент программа находится на этапе тестирования, а некоторые модули уже проходят регистрацию в Роспатенте.

В заключение хочется отметить, что обучающие программы по математике играют важную роль в процессе получения знаний: они позволяют повысить качество получаемых знаний по дисциплине, помочь формированию информационной культуры учащихся, наиболее полно раскрыть учебные возможности каждого ребенка, создать безбарьерную среду обучения. Школа является одним из ключевых и динамически развивающихся элементов социально-экономической системы, поэтому стоит активно внедрять инновационные технологии в процесс обучения не только на уроках математики, но и в рамках других школьных дисциплин.

### Литература

1. Бондарева Е. ИКТ на уроках математики в начальной школе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://matematika-nach.blogspot.ru/p/blog-page.html>, свободный.
2. Проценко И. Компьютерные программы для изучения школьной математики дома [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://xn--80aabcj0ctx.xn--p1ai/rost-i-razvitie-rebenka/obuchajushie-programmy>, свободный.

УДК 519.876.5

### ON-LINE РЕДАКТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ НА БАЗЕ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ MARC

*С.С. Алексеенко, В.В. Ганджа*

Рассматривается архитектура on-line редактора электрических схем, разработанного на базе среды моделирования «MARC». Рассматривается современный подход к разработке сложных систем моделирования для web-браузеров. Описываются архитектура и принципы работы клиент-серверной модели программного обеспечения. Для базовой версии (прототипа) редактора использовались базовые компоненты – резисторы, транзисторы и т.д. Для реализации клиентской части использовался язык программирования JavaScript. Серверная часть реализована на технологии Node.js.

**Ключевые слова:** редактор схем, клиент-серверная модель приложения, метод компонентных цепей.

Среда моделирования MARC (СМ MARC) [1] уже многие годы успешно используется для обучения моделированию различных схем и систем. В основу СМ «MARC» заложен метод компонентных цепей [2]. СМ MARC в течение многих лет наращивала базу моделей компонентов, благодаря которым превратилась в мощный инструмент моделирования. Однако с ростом новых технологий, в частности в области web, появилась необходимость усовершенствовать среду моделирования, добавив к ней ряд важных функций:

- 1) возможность on-line редактирования схем в браузере;
- 2) возможность коллективного редактирования в режиме реального времени;
- 3) масштабирование и кластеризация для снижения нагрузок на пропускную способность локальной вычислительной сети;
- 4) использование мощных аналитических средств и инструментов для веб-приложения.

До сих пор не существует полноценной системы моделирования для браузеров, поскольку сложность и затраты на разработку слишком велики. Это связано в большей степени с тем, что изначально браузерные web-приложения были простыми и не обладали сложной бизнес-логикой. Однако в последние годы большая часть программных продуктов переходит в сферу облачных приложений, работающих исключительно в современных браузерах. Именно благодаря популяризации WEB 2.0 начали появляться инструменты, позволяющие реализовывать сложные проекты. Однако полноценного программного инструментария для работы с геометрическими объектами (2D/3D) не существует до сих пор (в открытом доступе). На данный момент – это несколько библиотек, облегчающих работу с 2D-графикой в браузере. Именно поэтому разработка даже простого ре-



дактора электрических схем, ограниченного небольшим набором элементов, является непростой задачей и требует большого количества времени, большая часть из которого будет затрачена на разработку алгоритмов для редактора.

**Принцип работы клиент-серверного редактора.** На рис. 1 изображена схема работы редактора. Приложение состоит из двух ключевых элементов – клиента и сервера. Это независимые друг от друга приложения, разработанные на разных платформах и языках программирования. Основная задача сервера – получать информацию о дереве компонентов из среды моделирования «МАРС», преобразовывать ее в формат JSON, удобный для передачи данных по протоколу HTTP, и передавать ее клиенту. Если сравнить текущие форматы определения данных для работы по сети, то можно выделить XML, YAML, JSON, BSON. Однако формат JSON в отличие от XML является более лаконичным и более подходит для сериализации сложных структур данных.

Чтобы сервер смог получать данные о всех компонентах среды моделирования «МАРС», необходимо описать API (программный интерфейс приложения), который будет внедрен в систему «МАРС». Преимущество реализации специального API для работы с библиотекой компонентов состоит в том, что в будущем появляется возможность интегрировать различные приложения, для которых нужно использовать различные компоненты из библиотеки моделей компонентов.

Клиентское приложение базируется на протоколе WebSocket, поэтому в будущем планируются такие возможности, как отображение одной схемы сразу у нескольких пользователей в режиме реального времени. Редактор может получать список компонентов из среды моделирования «МАРС», отправив специальный запрос по сети Интернет. Фактически часть вычислительного ядра системы «МАРС» [3] будет реализована в качестве сервера с HTTP-интерфейсом для обработки запросов. Такая технология реализации носит название REST (Representational state transfer) и формализует стиль архитектуры программного обеспечения для распределенных систем.

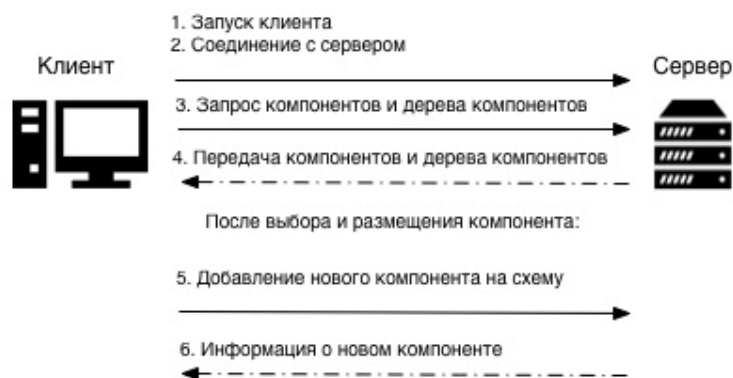


Рис. 1. Принципиальная схема работы редактора

Процесс работы начинается с запуска клиентского приложения в браузере (шаг. 1).

Далее клиент связывается с сервером и получает информацию о реализованных компонентах (шаги 2, 3), после чего отображает ее у себя деревом компонентов (рис. 2).

На основе этих компонентов пользователь может формировать и редактиро-

вать схему. После каждого выбора компонента и размещения его на схеме (рис. 3) клиент отправляет информацию об этом компоненте, его позиции в схеме и связях с другими компонентами на сервер. В результате чего сервер подтверждает изменения в схеме (шаги 5, 6).

**Описание интерфейса пользователя.** С точки зрения пользователя системы интерфейс можно разделить на две части. Первая часть представлена на рис. 2. Она носит название *панели дерева компонентов*. Уже из самого названия можно понять, что эта панель содержит дерево – список элементов, представленный в виде графа. На данном этапе дерево компонентов имеет два уровня вложенности. На первом уровне располагаются категории компонентов (визуально они представлены пиктограммой с изображением каталога). Например, в категории «Основные» могут быть представлены базовые элементы, такие как резисторы, транзисторы и т.п.

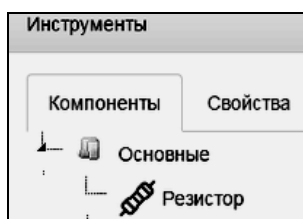


Рис. 2. Интерфейс дерева компонентов

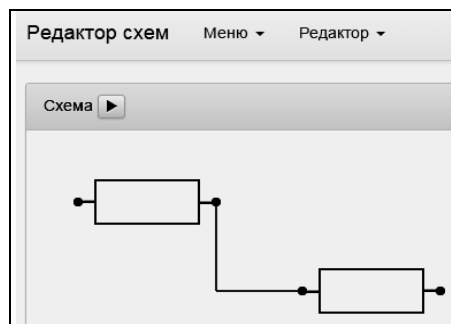


Рис. 3. Отображение элементов схемы в редакторе

Вторая часть интерфейса, представленная на рис. 3, образует специальный «холст», на котором размещаются элементы схемы, создаются связи между компонентами, в общем происходит сам процесс редактирования. Каждый компонент может быть произвольно размещен в любом месте «холста». При передвижении у компонента динамически вычисляются координаты  $x$ ,  $y$ . Поскольку между компонентами присутствуют связи, то их необходимо отображать в редакторе. Визуально они выглядят простыми линиями (см. рис. 3), однако при построении связи между компонентами создается специальный объект, который описывает тип связи, хранит порядковые номера связанных компонентов. Это необходимо для того, чтобы при запуске схемы все вычисления происходили правильно. Поскольку вычисления осуществляются на сервере среды моделирования «МАРС», необходимо было озаботиться передачей валидных данных.

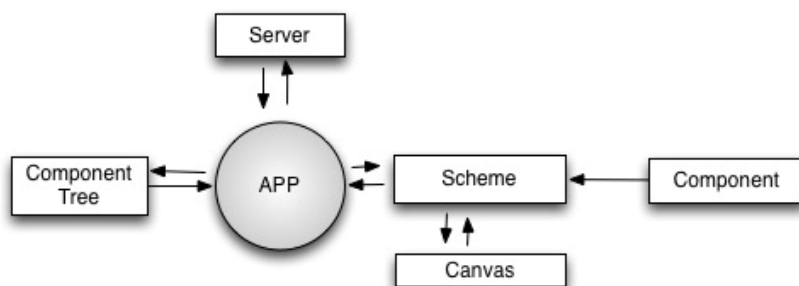


Рис. 4. Схема архитектуры редактора

**Описание архитектуры клиентского приложения редактора.** Основным модулем редактора является модуль App. Это главный модуль, выполняющий функцию контроллера для остальных модулей. Также выполняет функцию шлюза (gate), позволяя другим модулям системы взаимодействовать между собой.

Функционал модуля:

1. Создание соединения с сервером.
2. Инициализация рабочей области.
3. Загрузка дерева компонентов с сервера в память.
4. Отрисовка интерфейса (холста и дерева компонентов).
5. Добавление компонента. Отправляет информацию о новом компоненте на схему напрямую серверу.

Для работы с сервером используется промежуточный модуль Server. Он постоянно хранит информацию о соединении с сервером, отвечает за передачу данных и обработку ошибок.

Для работы с деревом компонентов используется модуль ComponentTree. Его основная задача – обработать информацию от сервера и сделать отображение дерева компонентов в интерфейсе.

Модуль Scheme отвечает за саму возможность создания и редактирования схемы (перетаскивание компонентов, установку связей между ними и т.п.). Также этот модуль использует специальный модуль Canvas, который описывает методы отображения компонентов. Модуль Canvas постоянно «слушает» различные сообщения, происходящие в редакторе, и обрабатывает их соответствующим образом. Он необходим для абстрагирования графического представления схемы и дает возможность при необходимости использовать сторонние open-source библиотеки для работы с графикой.

**Описание компонентов.** Компоненты представляют собой объекты, которые содержат общую для всех компонентов информацию: персональный идентификатор компонента, координаты позиции на схеме, ссылку на схему (идентификатор схемы), а также индивидуальные атрибуты: физические параметры, пины, визуальное представление. К примеру, компонент резистор имеет параметр сопротивления, обладает двумя пинами, а визуально он представлен в виде прямоугольника с двумя контактами на связях с противоположных сторон.

**Заключение.** Разработка редактора электрических схем является важным этапом для достижения более высокой цели – рабочего стола технических совещаний. В будущем редактор будет способен обрабатывать сложные схемы для реальных или виртуальных приборов и сможет в реальном времени выводить информацию с приборов, обрабатывать и сохранять различные измерения, которые могут быть использованы при автоматизированных экспериментах.

### Литература

1. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.
2. Дмитриев В.М. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.
3. Дмитриев В.М. Архитектура универсального вычислительного ядра для реализации виртуальных лабораторий / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.В. Ганджа // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. 2004. № 2. С. 24–28.

**СТРУКТУРА СЕТЕВОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ  
И ПЕРЕПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ УПРАВЛЯЕМЫХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ  
НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, И.М. Долганов, М.О. Писарев*

На основе сформулированных требований разрабатывается структура компьютерного тренажера, предназначенного для проведения групповых занятий, направленных на привитие навыков коллективного управления сложными техническими и технологическими объектами. В качестве примера были взяты технологические объекты нефтегазовой промышленности, которые эксплуатируются на нефтегазовых и газоконденсатных месторождениях Томской области.

**Ключевые слова:** многоуровневая компьютерная модель, технологические объекты нефтегазовой промышленности, тренажер, клиент-серверные приложения.

При управлении сложными техническими и технологическими объектами одновременно могут быть задействованы несколько специалистов, осуществляющих наблюдение за различными выходными переменными технологического объекта управления (ТОУ) и оказывающих определенные воздействия на исполнительные устройства. Особую актуальность в этом вопросе приобретают технологические объекты нефтегазовой промышленности, эксплуатируемые на нефтегазовых и газоконденсатных месторождениях, в том числе и в Томской области. Характеристики протекающих в таких ТОУ процессов находятся в сильной зависимости от состава и качества подаваемого на переработку сырья (добытой нефти, газа и газоконденсата) и характеристик окружающей среды (температуры воздуха, температуры недр, атмосферного давления и др.). Также эти процессы оказывают различные техногенные воздействия на объекты окружающей природной и социальной среды, которые приводят к нарушению экологического баланса и повышению роста заболеваний населения, вызванных наличием в объектах окружающей среды вредных и загрязняющих веществ.

Для предотвращения внештатных, предаварийных и аварийных ситуаций на объектах повышенной опасности и приобретения навыков оперативного действия в условиях данных ситуаций управляющий персонал предприятий должен получать теоретические знания, проходить практические занятия, целью которых является приобретение навыков совместного управления ТОУ в сложившихся условиях, ликвидация возникающих внештатных ситуаций и приведение объекта к нормативному режиму функционирования. Проведение таких занятий на действующих промышленных объектах недопустимо по многим причинам:

1. Проведение занятий на функционирующем оборудовании приведет к снижению качества выходной продукции как на время проведения занятия, так и после его завершения.
2. Сложность вывода ТОУ после окончания занятия на промышленный уровень.
3. Непредвиденные техногенные воздействия на объекты окружающей среды.
4. Потеря рентабельности производства.

Наиболее оптимальным способом проведения занятий, направленных на повышение компетенций управляющего персонала и привитие навыков совместной

работы в штатных, нештатных, предаварийных и аварийных режимах функционирования оборудования, является применение пакетов компьютерного моделирования, позволяющих строить модели ТОУ с протекающими в них мультифизическими энергетическими и многокомпонентными вещественными потоками и реализация на их основе сетевых компьютерных тренажеров. Они должны позволять нескольким сотрудникам, работающим на ряде компьютеров, объединенных локальной вычислительной сетью, осуществлять управление одной моделью, анализ которой осуществляется на некотором выделенном сервере с рассылкой результатов анализа клиентам и получением от них управляющих воздействий на модель. Такие тренажеры, называемые далее *сетевыми тренажерами*, должны быть реализованы на основе стандартной архитектуры «клиент–сервер» на основе распределенной универсальной системы компьютерного моделирования, включающей в себя библиотеку моделей компонентов сетевого взаимодействия.

**Требования к клиент-серверной архитектуре компьютерного тренажера.** Клиент-серверная архитектура компьютерного тренажера должна быть ориентирована на неограниченное число пользователей, осуществляющих работу с тренажером в двух режимах – режиме «Преподаватель» и режиме «Студент». Локальная вычислительная сеть, в которой осуществляется эксплуатация сетевого тренажера, должна допускать передачу большого объема информации через узкий двусторонний канал (от клиента к серверу и от сервера к клиенту).

Серверная часть должна быть представлена в виде среды компьютерного моделирования, позволяющей производить динамический анализ модели ТОУ с циркулирующими между его элементами информационными, энергетическими и многокомпонентными вещественными потоками. При этом модель ТОУ может быть представлена как в декомпозированном виде, т.е. в форме взаимосвязанных компонентов, так и в виде самостоятельно реализованного исполняемого файла (\*.exe) или динамически загружаемой библиотеки (\*.dll). Такие модели должны взаимодействовать с различного рода базами данных, в которых хранится история изменений параметров от каждого пользователя, а также информация о физико-химических свойствах веществ.

Клиентская часть должна быть выполнена в соответствии с реальными мнемосхемами автоматизированного рабочего места оператора-технолога существующего производства и обеспечивать все функции, требующиеся на производстве. Изображения компонентов технологической схемы должны иметь привлекательный дизайн и принципиально соответствовать реальному аппарату. Должны быть отражены технологические сети (трубопроводы, арматура, системы автоматизации), показания датчиков состояния технологического оборудования (сепараторов, отстойников, теплообменников, печей и т.д.). Клиентское приложение должно осуществлять обмен данными с моделью, анализируемой на сервере, изменяя ее топологию и значения параметров входящих в нее компонентов. Оно также должно отображать значения параметров и характеристик технологической системы в режиме реального времени, а также обеспечивать возможность передачи управляющих воздействий в любой момент.

В сетевом тренажере должно быть предусмотрено два типа клиентского приложения: преподавательский и студенческий. В преподавательском клиенте должна быть реализована возможность воздействия на несколько моделей, анализируемых на сервере, для целей создания нештатных ситуаций, отслеживания и получения отчетов и выполнения студентами соответствующих действий по

предотвращению возникающих ситуаций. Также должна быть реализована возможность создания схемы протоколирования работы, сохранения и импортирования отчетов в офисные приложения (MS Word, MS Excel). Преподавательский клиент должен иметь возможность варьирования формы проведения занятий с помощью режимов: отдельная задача для каждого, общая задача для всех и режим обучения «смотри на меня».

Клиентское приложение должно быть универсальным и способным к адаптации под любую технологическую систему, разработанную в конструкторе. Функционалом клиентских приложений является открытие созданной в конструкторе схемы и интерактивное управление с возможностью загрузки необходимых библиотек, расположенных на сервере. В таких библиотеках могут быть реализованы модели объектных, алгоритмических и визуальных компонентов, из которых формируются схемы серверной и клиентской частей модели.

Конструктор моделей должен представлять собой среду быстрой разработки моделей визуальных технологических схем, с которыми работают пользователи. Он должен позволять пользователям-преподавателям:

- 1) формировать новые мнемосхемы визуализации и управления, входящие в состав тренажера, с целью их последующего использования в преподавательском и студенческом приложениях;
- 2) формировать сценарии проведения занятий, включающих сценарии возникновения ситуаций и сценарии управления ТОО;
- 3) формировать шаблоны протоколирования действий студента, которые будут заполняться студенческими приложениями и отображаться в преподавательских;
- 4) составлять задания студентам и генерировать различные внештатные, предаварийные и аварийные ситуации для их переноса в студенческие приложения и в модель, функционирующую на сервере.

**Структура сетевого компьютерного тренажера.** В качестве основы реализации сетевого компьютерного тренажера выбрана среда многоуровневого компьютерного моделирования MAPS [1]. Она предназначена для автоматизации натурных и вычислительных экспериментов над моделями технических и технологических объектов с информационными, энергетическими и многокомпонентными вещественными потоками [2]. Для целей визуализации результатов измерения и моделирования, а также управления значениями параметров компонентов, источников и генераторов реальных сигналов в рамках среды моделирования MAPS разработана система виртуальных инструментов и приборов [3]. Данная система позволяет формировать компьютерную модель виртуального прибора, включающую интерфейсные связи с исследуемым объектом или его компьютерной моделью, в виде многоуровневой структуры [4], которая включает в себя следующие уровни:

- *визуальный уровень*, на котором располагается визуальная панель прибора, сформированная из графических компонентов визуализации результатов измерения и моделирования и органов управления параметрами модели, генераторов и измерительных устройств;
- *логический уровень*, куда входят алгоритмы проведения эксперимента, включающие блоки обработки результатов, задания и вычисления значений параметров компонентов, а также средства подготовки результатов и их передачи компонентам визуализации;

– *объектный уровень*, где формируется интерфейс взаимосвязи с исследуемым реальным объектом или его компьютерная модель, представленная в формате метода компонентных цепей [5] или некоторой отдельной библиотекой, реализованной на любом языке моделирования.

Представленная многоуровневая структура компьютерной модели для реализации сетевого компьютерного тренажера разделена на две части: серверную и клиентскую (рис. 1).

Серверное приложение, реализованное на базе среды многоуровневого компьютерного моделирования MAPC, задействует два взаимосвязанных уровня модели: объектный и логический. На объектном уровне реализуется интерактивная компьютерная модель объекта исследования. Ее интерактивность обусловлена изменениями топологии и значений параметров компонентами командами на изменение, которые серверное приложение получает от клиентских на своем логическом уровне.



Рис. 1. Многоуровневая сетевая структура компьютерного тренажера

В качестве клиентских приложений используются виртуальные приборы, которые создаются в виртуальных инструментах и приборах [3] и могут быть открыты специальным движком MARS-Engine [6], который позволяет открывать виртуальные приборы как отдельные приложения, не подгружая при этом весь сложный интерфейс среды моделирования MAPC. Такие приложения представ-

ляют собой виртуальные приборы (рис. 2), с помощью которых пользователи (как преподаватели, так и студенты) могут видеть соответствующие результаты моделирования и изменять параметры компонентов анализируемой на сервере компьютерной модели, а преподаватели – и ее топологию с помощью специальных коммутационных компонентов.

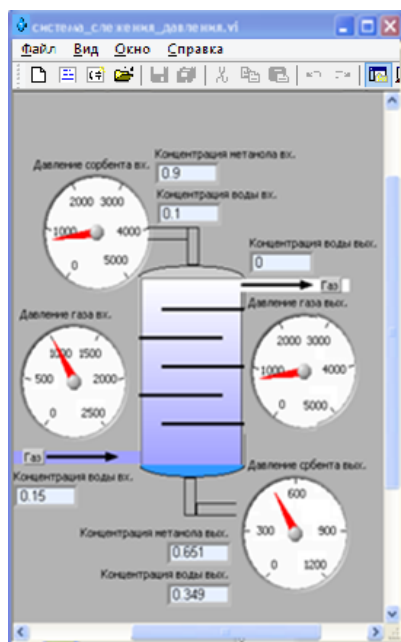


Рис. 2. Клиентская часть сетевого компьютерного тренажера

Взаимодействие сетевого и клиентских приложений осуществляется с помощью компонентов «Передатчик» (Transmitter) (рис. 3, а) и «Приемник» (рис. 3, б).

Компонент «Передатчик» осуществляет отправку данных, принятых по связи  $S_1 = (b_1, n_1)$ , по локальной вычислительной сети компьютеру, чей IP-адрес указан в качестве параметра данного компонента. Компонент «Приемник» принимает сообщения по локальной вычислительной сети с указанным в параметрах IP-адресом и передает указанные в сообщениях данные компонентам, подключенным к связи  $S_2 = (b_2, n_2)$ .

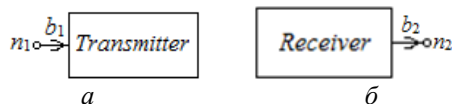


Рис. 3. Компоненты взаимодействия серверного и клиентских приложений сетевого компьютерного тренажера:  
а – компонент «Передатчик»;  
б – компонент «Приемник»

**Заключение.** Для проведения компьютерных занятий, направленных на приобретение навыков группового управления технологическим оборудованием предприятий нефтегазовой промышленности с отработкой действий персонала во внештатных, предаварийных и аварийных режимах, предложено использовать сетевые компьютерные тренажеры. Они реализуются на основе среды многоуровневого компьютерного моделирования МАРС с реализованными в ней компонентами сетевого взаимодействия [7]. На серверном приложении осуществляется анализ компьютерной модели исследуемого объекта, представленной в формате метода компонентных цепей с неоднородными векторными связями или реализованной в виде динамически загружаемой библиотеки. Такие модели допускают изменение своей топологии и варьирование параметров входящих в них компонентов. С помощью таких тренажеров можно проводить занятия по выработке действий в различных промышленных ситуациях без вывода реального оборудования из технологического процесса и не подвергая опасности объекты окружающей природной среды и проживающее население.

### Литература

1. Дмитриев В.М. МАРС – среда моделирования сложных технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.



2. Дмитриев В.М. Принципы построения моделей сложных технологических объектов с неоднородными векторными связями / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, С.К. Важенин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2014. № 1. С. 104–111.
3. Дмитриев В.М. СВИП – система виртуальных инструментов и приборов / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, В.В. Ганджа, Ю.И. Мальцев. Томск: В-Спектр, 2014. 216 с.
4. Дмитриев В.М. Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. 2013. № 2 (36). С. 24–35.
5. Дмитриев В.М. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.
6. Ганджа Т.В. MARS-Engine – средство использования виртуальных приборов // Современное образование: практико-ориентированные технологии подготовки инженерных кадров. Матер. междунар. науч.-метод. конф. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. С. 49–50.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014617663. Библиотека моделей компонентов «Телеком» для среды моделирования MAPC / А.Н. Буданов, В.В. Ганджа, Т.В. Ганджа. 30.07.2014. М.: Роспатент, 2014.

УДК 004.942

## ПОСТРОЕНИЕ МНОГОУРОВНЕВЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

*В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа*

Рассматривается многоуровневая схема построения автоматизированных экспериментов, предназначенная для автоматизации исследования реальных технических объектов и их компьютерных моделей. С ее помощью автоматизации подлежат физические (реальные) и математические (виртуальные) эксперименты учебного и научного назначения. В основе функционирования системы лежит принцип построения многоуровневых компьютерных моделей, отображающих все основные составляющие экспериментального процесса. Они состоят из лицевой панели стенда, алгоритма выполнения эксперимента, компьютерной модели и интерфейсных связей с исследуемым реальным объектом.

**Ключевые слова:** реально-виртуальный эксперимент; виртуальные инструменты и приборы; многоуровневое компьютерное моделирование; технические объекты; математическая модель.

Средние и высшие учебные заведения, научно-исследовательские институты и проектные организации, деятельность которых связана с исследованием, проектированием и разработкой управляемых сложных технических объектов (ТО), в настоящее время нуждаются в модернизации лабораторной базы, позволяющей выполнять физические (далее реальные) эксперименты над управляемыми объектами, направленные на формирование структуры и принципов функционирования устройств управления. Для снижения затрат на их проведение на этапах пер-

воначального исследования и функционального проектирования целесообразно проводить компьютерные (далее виртуальные) эксперименты, выполняемые средствами компьютерного (математического или имитационного) моделирования. Выполняемые с их помощью виртуальные эксперименты открывают возможности отладки алгоритмов управления с использованием виртуального аналога (компьютерной модели) управляемого объекта с последующей автоматической генерацией программного кода.

Современные комплексы программ компьютерного моделирования, являясь программными продуктами преимущественно зарубежных фирм-производителей, не допускают интеграции с реальным объектом и средствами проведения реальных экспериментов. При исследовании управляемых ТО актуальным вопросом является проведение реально-виртуальных экспериментов, допускающих одновременное использование реальных объектов и их компьютерных моделей, в том числе и встраивание в исследуемую модель некоторого реального компонента с целью его идентификации. Такая интеграция реальных и виртуальных экспериментов, называемая реально-виртуальным экспериментом, откроет возможности создания реально-виртуальных структур различного назначения, позволит быстро и с минимальными финансовыми затратами выполнять эксперименты, направленные на формирование алгоритмов и программ функционирования устройств управления ТО.

Альтернативой дорогостоящему оборудованию, используемому в функционирующих учебных и научно-исследовательских лабораториях, в настоящее время являются компьютерные средства создания и использования виртуальных инструментов и приборов (ВИП), реализуемых в виде комплексов программ на компьютере, к которому с помощью плат сбора данных и управляющих контроллеров подключается ТО с автоматическим или автоматизированным управлением. В случае автоматического управления он оснащается программируемым контроллером с реализованной на языке низкого уровня программой управления. Объект с автоматизированным управлением должен получать команды непосредственно от компьютера и передавать ему значения наблюдаемых переменных в определенные моменты времени. Для проведения виртуальных экспериментов наряду с управляемым ТО должна быть реализована его компьютерная (математическая или имитационная) модель (КМ), в которой должны применяться те же команды и программы управления. Это позволит выполнять их отладку в виртуальном пространстве, а затем, осуществляя автоматическую генерацию кода программы, производить программирование и перепрограммирование управляющих контроллеров.

В данной работе исследуется и синтезируется структура комплекса программ автоматизации реально-виртуальных экспериментов, позволяющего на основе многоуровневой компьютерной модели [1] производить исследования реальных ТО и (или) их КМ на основе сформированных алгоритмов этих экспериментов.

**Архитектура многоуровневой компьютерной модели автоматизированного эксперимента.** Компьютерная модель автоматизированного эксперимента формируется в формате метода многоуровневого компьютерного моделирования. Согласно данному методу многоуровневая КМ состоит из следующих взаимосвязанных уровней (рис. 1), каждый из которых поддерживается соответствующим графическим языком представления модели:

– *объектного уровня*, на котором располагаются средства интеграции с реальным ТО и его компьютерная модель, представленная в формате языка моделирования сложных технических объектов, декомпозированных на компоненты с неоднородными векторными связями [2];

– *логического уровня*, где с помощью выражений языка математико-алгоритмических конструкций, являющегося развитием языка представления математических выражений в формат метода компонентных цепей [3], формируются алгоритмы выполнения реально-виртуальных экспериментов с использованием значений, поступающих из информационных источников данных, и возможностью формирования документов на основе интерактивных отчетных форм [4]. Их внутримашинной формой представления являются алгоритмические компонентные цепи, для анализа которых используется алгоритм передачи сообщений [5];

– *визуального уровня*, на котором с помощью визуальных компонентов формируются лицевые панели ВИП, а также стенды визуализации результатов и управления параметрами исследуемых объектов и моделей. Элементами языка виртуальных инструментов и приборов являются визуальные компоненты: компоненты-визуализаторы, отображающие поступающую к ним информацию, и компоненты-регуляторы, позволяющие пользователю изменять значения соответствующих параметров исследуемой модели и переменных, входящих в алгоритмы управления.



Рис. 1. Архитектура многоуровневой компьютерной модели для проведения реально-виртуальных экспериментов

Интеграция представленных уровней многоуровневой КМ (рис. 1) осуществляется с помощью:

– измерительных компонентов, реализующих функцию передачи данных измерения характеристик объекта и результатов анализа компьютерной модели с объектного уровня на логический;

– компонентов-атрибутов, осуществляющих передачу сформированных команд управления ТО и вычисленных значений параметров компонентов КМ объекта с логического уровня на объектный;

– компонентов-визуализаторов, выполняющих отображение переданной с логического уровня информации на визуальном уровне;

– компонентов-регуляторов, с помощью которых с визуального на логический уровень передаются пользовательские команды, направленные на изменение параметров КМ и значений управляющих воздействий на реальный ТО.

Представленные многоуровневые компьютерные модели, состоящие из моделей объектов и алгоритмов управления, а также включающих ВИП [6], предназначенные для численной обработки и визуализации результатов измерения и моделирования с возможностями интерактивного управления параметрами исследуемых объектов, моделей и алгоритмов, позволяют автоматизировать:

– проведение экспериментов учебного и научно-исследовательского характера, выполняемых над реальными управляемыми ТО и (или) их КМ;

– решение задач исследования и функционального проектирования сложных технических объектов и систем управления ими, в основе которых лежит многократный анализ их компьютерных моделей при различных значениях параметров входящих в них компонентов;

– формирование алгоритмов функционирования устройств управления, на основе которых осуществляется автоматическая генерация кода программы функционирования управляющего контроллера;

– этапы разработки и отладки технических объектов, измерение характеристик которых производится измерительно-управляющими контроллерами с последующей их математической обработкой и визуализацией.

**Формализованное представление многоуровневых компьютерных моделей автоматизированных экспериментов.** Формализованным представлением многоуровневых компьютерных моделей автоматизированных экспериментов является виртуальный прибор (ВП), имитирующий на компьютере логику работы реального прибора. Он предназначен для генерации сигналов на реальный ТО и его КМ, а также для отображения данных измерения сигналов и результатов анализа модели. Для осуществления поставленных перед собой целей ВП в формате метода многоуровневого компьютерного моделирования может быть представлен в виде тройки объектов:

$$C_{ВП} = (K_{ВП}, B_{ВП}, N_{ВП}),$$

где  $K_{ВП}$  – множество компонентов ВП, реализующих его основную функциональность;  $B_{ВП}$  – множество связей компонентов – ветвей цепи;  $N_{ВП}$  – множество узлов цепи, образованных связями компонентов.

Множество компонентов  $K_{ВП}$  состоит из трех подмножеств:  $K_V$  – множество визуальных компонентов, из которых формируется лицевая панель ВП на визуальном уровне его многоуровневой КМ;  $K_L$  – множество логических компонентов, организующих логику функционирования прибора;  $K_I$  – множество компонентов, организующих интерфейс ВП с исследуемым объектом и (или) его компьютерной моделью.

Множество компонентов визуального уровня  $K_V$ , каждый из которых принадлежит визуальному уровню многоуровневой КМ (рис. 1), включает в себя компоненты следующих множеств:

$$K_V = (K_{V1} \cup K_{V2} \cup K_{V3} \cup K_{V4}),$$

где  $K_{V1}$  – множество компонентов-визуализаторов статической информации, представленной значениями числовых и нечисловых типов данных;  $K_{V2}$  – множество управляющих компонентов, позволяющих пользователю вводить данные числовых и нечисловых типов для их использования в алгоритмах автоматизированных экспериментов, а также в качестве параметров компонентов КМ ТО, принадлежащей объектному уровню многоуровневой КМ;  $K_{V3}$  – множество компонентов, обладающих специальными оконными интерфейсами для более детального исследования динамических характеристик, получаемых при измерении величин с реального СТО и в результате моделирования его КМ.

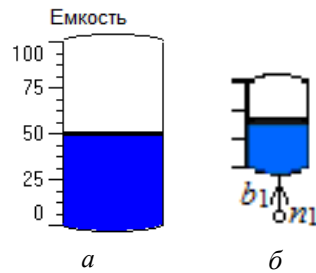


Рис. 2. Компонент-визуализатор скалярных значений (емкость)  
а – отображение на визуальном слое; б – отображение на логическом слое

Для визуализации результатов измерения и моделирования, представленных значениями численных типов данных, используются компоненты-визуализаторы множества  $K_{V1}$ . На визуальном слое редактора (рис. 2) каждый из них представляет собой поле, на котором в понятной пользователю-управленцу форме вводятся соответствующие результаты измерения или моделирования. Компоненты данного множества, принадлежащие логическому уровню многоуровневой КМ, отображаются в виде изображения с единственной связью  $n_1$ , с помощью которой они принимают подлежащее визуализации значение. Одновременное отображение компонентов множества  $K_{V1}$  на визуальном и

логическом слоях редактора реализует функцию передачи подлежащих отображению значений с логического уровня многоуровневой КМ на визуальный.

Управляющие компоненты множества  $K_{V2}$  предоставляют пользователю-управленцу возможность вносить изменения в процесс функционирования алгоритмических моделей, а также задавать различные значения, которые могут использоваться для расчета значений параметров КМ ТО и (или) управляющих воздействий на реальный объект. К таким компонентам относятся разнообразные кнопки, бегунки, цифровые табло с возможностью задания значений и др. Компоненты множества  $K_{V3}$ , принадлежащие визуальному уровню моделирования, имеют свои отображения одновременно на визуальном (рис. 3, а) и логическом слоях (рис. 3, б) многослойного редактора. С помощью единственной выходной связи  $n_1$  данные компоненты передают значение с визуального на логический уровень многоуровневой КМ автоматизированных экспериментов.

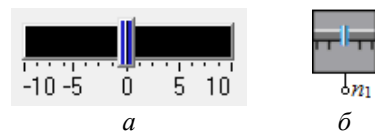


Рис. 3. Управляющий компонент:  
а – отображение на визуальном слое; б – отображение на логическом слое

Во множество  $K_{V4}$  включены компоненты для визуализации временных, частотных, параметрических и других характеристик. Такие компоненты, принадлежащие визуальному уровню многоуровневой КМ автоматизированных экспериментов, помимо отображений на логическом и визуальном слое редактора, имеют специальные интерфейсные окна, позволяющие более детально визуализировать характеристики. В них реализованы различные функции, позволяющие

производить исследование таких характеристик. К компонентам множества  $K_{14}$ , в частности, относятся компоненты «График» и «Таблица».

**Заключение.** На основе архитектуры метода многоуровневого компьютерного моделирования предложен принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей автоматизированных экспериментов, позволяющих исследовать технические объекты и их компьютерные модели, используя унифицированные визуальные компоненты. Такие компоненты предназначены для визуализации данных измерения и результатов моделирования, а также для вариации входных воздействий на реальные объекты и параметров компонентов компьютерных моделей. Рассмотренные визуальные компоненты позволяют формировать виртуальные приборы, на основе которых могут быть реализованы модели автоматизированных экспериментов учебного и научно-исследовательского назначения.

### Литература

1. Дмитриев В.М. Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. 2013. № 2 (36). С. 24–36.
2. Дмитриев В.М. Принципы построения моделей сложных технологических объектов с неоднородными векторными связями / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, С.К. Важенин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2014. № 1. С. 104–111.
3. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.
4. Ганджа Т.В. Задачи и архитектура подсистемы документирования исследования в среде многоуровневого моделирования MAPC / Т.В. Ганджа, С.А. Панов // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2011. № 2. С. 334–338.
5. Дмитриев В.М. Компьютерная модель технически сложных объектов / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. 2012. № 3 (33). С. 47–59.
6. Дмитриев В.М. Редактор виртуальных инструментов и приборов / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, Т.Ю. Коротина // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. 2009. № 6. С. 19–24.

УДК 519.876.5

### ИНТЕРАКТИВНОЕ ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ MAPC

*С.А. Панов, Т.Е. Григорьева*

Описываются задачи и функциональные возможности подсистемы интерактивного документирования, позволяющей автоматически формировать результаты компьютерного моделирования бизнес-процессов в среде моделирования MAPC.

**Ключевые слова:** бизнес-процессы, моделирование бизнес-процессов, системы моделирования бизнес-процессов, документирование, интерактивность, автоматизация, отчётная форма, виды отчётов.

Моделирование бизнес-процессов (БП) является одним из методов улучшения качества и эффективности работы организации. В основе этого метода лежит описание процесса через различные элементы (действия, данные, события, материалы и пр.), присущие процессу. Как правило, моделирование БП описывает логическую взаимосвязь всех элементов процесса от его начала до завершения в рамках организации. В более сложных ситуациях моделирование может включать в себя внешние по отношению к организации процессы или системы.

Моделирование БП позволяет понять работу и провести анализ организации. Это достигается за счет того, что модели могут быть составлены по различным аспектам и уровням управления. В больших организациях моделирование БП выполняется более подробно и многограннее, чем в малых, что связано с большим количеством кроссфункциональных связей.

Обычно для моделирования БП применяются различные компьютерные средства и программное обеспечение. Это облегчает управление моделями, отслеживание в них изменений и позволяет сократить время анализа. В настоящий момент наибольшее распространение получили такие системы моделирования БП, как «ARIS», «AnyLogic», «Business studio», «Casewise Corporate Modeler Suite», «GPSS» и «IBM WebSphere Business Modeler». Несмотря на широкие возможности по моделированию и анализу различных БП, данные системы не могут автоматически сохранять результаты моделирования в виде автоматически обновляемых документов (отсутствие встроенных средств интерактивного документирования).

**Среда моделирования MAPC.** На кафедре моделирования и системного анализа Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) научным коллективом под руководством профессора В.М. Дмитриева разработана среда моделирования MAPC (SM MAPC) [1], позволяющая выполнять моделирование и анализ систем различной физической природы (физико-химических, механических, информационных), в том числе систем массового обслуживания на основе сетей Петри и бизнес-процессов [2, 3]. SM MAPC имеет широкий набор режимов анализа, а адаптация к моделированию нового класса устройств осуществляется оперативно путем использования развитой библиотеки моделей компонентов. При этом имеется возможность автоматизированной генерации новых моделей компонентов, что обеспечивает легкую и быструю расширяемость областей применения данной системы.

SM MAPC основана на методе компонентных цепей (МКЦ) [4], с помощью которого исследуемый объект представляется в виде цепи, состоящей из множества компонентов, узлов и связей между ними (рис. 1).

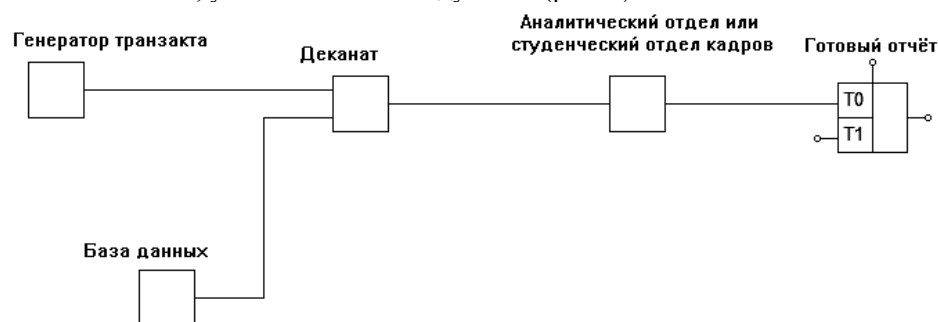


Рис. 1. Графическое представление БП «Движение документа, содержащего сведения о трудоустройстве выпускников вуза» в SM MAPC

Каждый компонент в формализме МКЦ является математической или имитационной моделью какого-либо объекта. Например, при моделировании электрических цепей, компонентами могут выступать «Резистор», «Конденсатор», «Катушка индуктивности» и т.д. При моделировании БП используются такие компоненты, как «Генератор транзакта», «Заполнитель параметра», «Интерпретатор транзакта», «Очередь», «Задержка», «Обслуживание», «Поставщик», «Склад», «Резервный склад», «Пополнение склада» и др.

СМ МАРС имеет многоуровневую архитектуру, состоящую из трёх уровней: объектного, на котором из физических компонентов формируется компонентная цепь исследуемого объекта; логического, на котором из логических компонентов формируется алгоритм управления (или работы) исследуемого объекта; визуального, на котором из визуальных компонентов формируется панель управления исследуемого объекта и визуализируются результаты моделирования (например, в виде графиков или осциллограмм). Так как при моделировании БП «Движение документа, содержащего сведения о трудоустройстве выпускников вуза» рассматриваются только информационные, а не физические процессы, соответственно задействован только один слой СМ МАРС – логический.

**Пример компонентной цепи бизнес-процесса в СМ МАРС.** Рассмотрим пример простого бизнес-процесса вуза, например, такого, как движение документа, содержащего сведения о трудоустройстве выпускников вуза. Для упрощения, пусть данный документ будет содержать только фамилию, имя, отчество выпускника и его место работы. Компьютерная модель данного БП в СМ МАРС формируется из пяти компонентов (рис. 1):

1) «Генератор транзактов» – используется для формирования нового транзакта и передачи его в компонент «Заполнитель параметров». Транзакт представляет собой объект, содержащий три обязательных параметра: текст транзакта, приоритет, время создания. Текст транзакта, в свою очередь, состоит из статической и динамической частей. Статическая часть не меняется в ходе движения транзакта, а динамическая представляет собой данные, заполняемые компонентом «Заполнитель параметров». Пример текста транзакта:

*Фамилия, имя, отчество выпускника: <FIO>*

*Место работы выпускника: <Work>*

2) «Заполнитель параметров» – используется для вставки в транзакт каких-либо данных. В приведённом выше примере заполнителем параметров является деканат вуза, предоставляющий информацию о выпускниках.

3) «Запрос к базе данных» – используется в качестве источника данных для вставки их в транзакт. Пример: система управления базами данных Microsoft Access или MySQL.

4) «Задержка» – используется для установки временной задержки при прохождении транзакта через данный компонент. В примере – аналитический отдел или студенческий отдел кадров.

5) «Документ» – используется для формирования итогового документа, содержащего какой-либо вывод или результат.

Результаты, получаемые в ходе моделирования БП «Движение документа, содержащего сведения о трудоустройстве выпускников вуза», позволяют нам: выявить количество выпускников, работающих по определённой специальности; определить процентное соотношение выпускников по всем специальностям в вузе; выполнить оценку качества подготовки выпускников вуза; определить степень «престижности» какой-либо специальности.



**Интерактивное документирование бизнес-процессов в СМ МАРС.** Использование компонента «Документ», т.е. автоматическое формирование (обновление) документа и вставка в него данных осуществляется за счёт входящей в СМ МАРС подсистемы интерактивного документирования (ПИД) [5]. Интерактивность получаемого документа обеспечивается за счёт формирования структурной схемы отчёта из компонентов, выражающих структурные элементы документов (текст, таблицы, формулы, рисунки и т.д.), и привязки этих компонентов к своим источникам данных (которыми могут быть как другие компоненты СМ МАРС, так и внешние системы, такие как базы данных) (рис. 2).

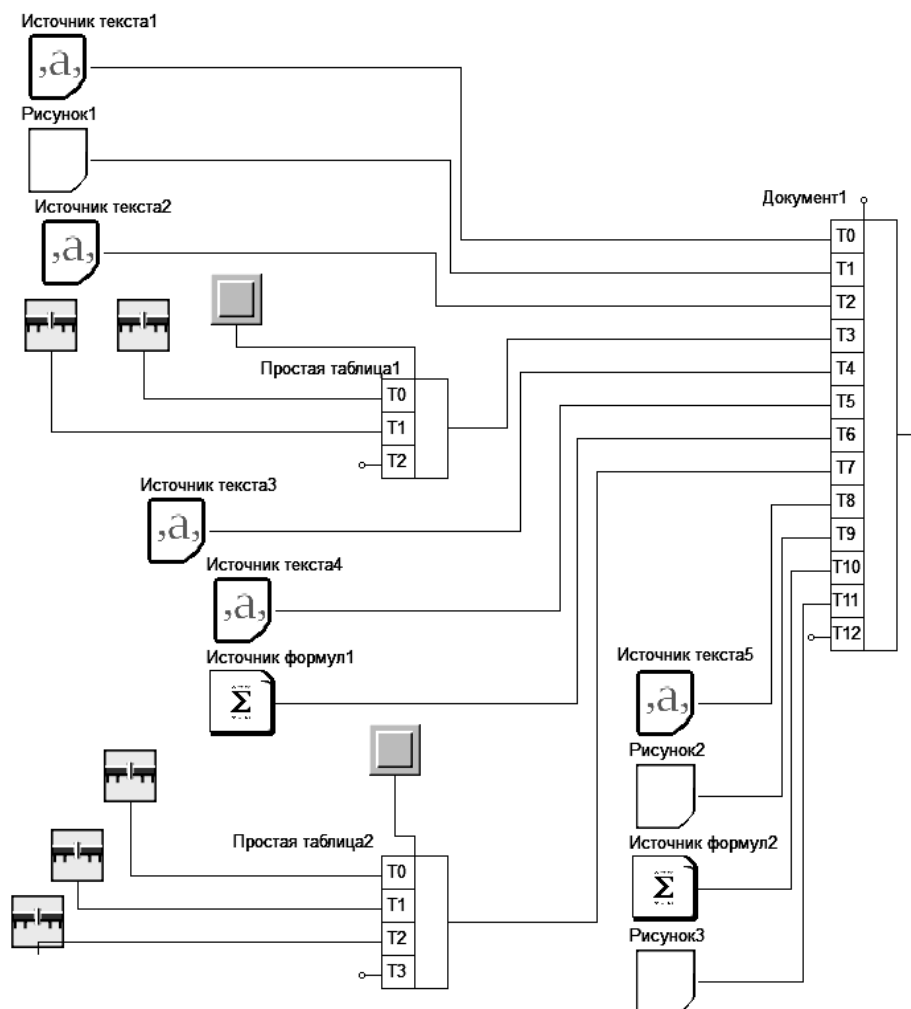


Рис. 2. Пример структурной схемы сложного документа в ПИД

При изменении данных в источнике, автоматически обновляются данные и в документе. Благодаря этому существенно сокращается время на работу с документами, которое можно использовать непосредственно для моделирования и анализа БП, а о сохранности и актуальности результатов моделирования позаботится ПИД. В настоящий момент в состав ПИД входят такие компоненты, как

«Документ», «Источник текста», «Формирователь таблицы», «Числовой интерпретатор», «Рисунок», «Источник формул», «База данных», «Запрос к БД (общий)», «Запрос Select» и др. Данные компоненты позволяют формировать составные документы, содержащие сложную структуру и разнородное содержимое. Благодаря многоуровневой архитектуре, возможности интерактивного документирования, функции экспорта готового отчёта в документы различных форматов («Microsoft Office Word», «OpenOffice», «XML», «HTML», «PDF», «LaTeX»), ПИД позволяет применять СМ МАРС сразу во множестве различных областей: в учебном процессе вузов и научно-исследовательской деятельности; при формировании экологических программ предприятий нефтегазовой промышленности; в проектной деятельности центров молодёжного инновационного творчества.

**Заключение.** Промежуточные и итоговые результаты, выраженные числовыми, строковыми и графическими данными, получаемыми в ходе анализа и моделирования различных БП в СМ МАРС, должны быть сохранены для их использования в дальнейших исследованиях. При формировании документов, отражающих результаты исследований БП, оператор СМ МАРС сталкивается со следующими трудностями: большой объем получаемых экспериментальных данных; получаемые данные могут быть выражены в различной форме (текст, числа, графики и т.д.); данные могут поступать в режиме реального времени. Для автоматизации документирования результатов моделирования и анализа БП в состав СМ МАРС должна входить подсистема, обладающая возможностью формирования интерактивных документов, автоматически обновляющихся при поступлении новых и изменении уже сохраненных данных – подсистема интерактивного документирования.

### Литература

1. Дмитриев В.М. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.
2. Григорьева Т.Е. Дискретно-событийное моделирование в СМ МАРС для курса «Системы массового обслуживания» // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2014. № 1(31). С. 152–155.
3. Григорьева Т.Е. Сети Петри с транзактами для моделирования бизнес-процессов / Т.Е. Григорьева, С.А. Панов // Научная сессия ТУСУР–2015: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13–15 мая 2015 г. в 5 ч. Томск: В-Спектр, 2015. Ч. 5. С. 304–306.
4. Дмитриев В.М. Автоматизация моделирования промышленных роботов // В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.
5. Дмитриев В.М. Формирование системы автоматизированного документирования методом компонентных цепей / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, С.А. Панов // Информатика и системы управления. 2014. № 3 (41). С. 12–22.

## ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

*Председатель секции – Пустынский Иван Николаевич, д.т.н.,  
профессор каф. ТУ*

УДК 300.35

### СЕРВИС IP-ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

*А.И. Галашова, М.В. Ли, А.А. Лазарев*

Рассматривается сервис удаленного видеонаблюдения «Logicam», разработанный на базе МСБИ «Дружба». Для готового продукта проводится анализ рынка: выделение наиболее перспективных сегментов, анализ конкурентной ситуации отрасли, а также предлагаются наиболее перспективные способы продвижения продукта.

**Ключевые слова:** IP-видеонаблюдение, сегментирование рынка, емкость рынка, конкуренция, способы продвижения, SEO, SMM.

В современном мире огромное внимание уделяется обеспечению безопасности и комфорта. Люди хотят контролировать ситуацию дома, в офисе или на дачном участке, но невозможно всегда находиться рядом. Именно поэтому популярность набирают системы удаленного видеонаблюдения. Рынок видеонаблюдения характеризуется высоким проникновением сетевых технологий. Акцент постепенно смещается от гибридных систем к цифровым и территориально распределенным сетям видеонаблюдения с вынесенными удаленными пунктами и с возможностью видеонаблюдения на мобильных устройствах. Удаленное видеонаблюдение набирает популярность среди разных слоев населения, потому что безопасность – это тренд современности. Многие люди готовы платить за возможность всегда контролировать события, происходящие в их доме или офисе. Именно поэтому данная тема актуальна для изучения. На российском рынке существует несколько фирм, успешно зарабатывающих на предоставлении услуг IP-видеонаблюдения, и их число неуклонно растет. В связи с этой тенденцией новичкам рынка необходимо провести серьезный анализ конкурентов и потребителей, чтобы разработать грамотную систему позиционирования и продвижения своей продукции.

**Сегментирование и вычисление емкости рынка.** Одной из наиболее оптимальных стратегий выхода на существующий рынок новой компании является создание нишевого продукта. Для определения ниши проводится сегментация рынка. Сегментирование рынка – процесс разбивки потребителей или потенциальных потребителей на рынке на различные группы (или сегменты), в рамках которых потребители имеют схожие или аналогичные запросы, удовлетворяемые определенным комплексом маркетинга [1]. Особенностью сервиса «Logicam» является то, что покупать, устанавливать и подключать камеры должен сам пользователь. Эту особенность следует учесть при выборе сегментов для продвижения продукта. Для разделения рынка на сегменты необходимо определить переменные сегментирования, т.е. критерии, по которым потребители подразделяются на

группы [2]. Выдвинуты следующие гипотезы по переменным сегментирования потребителей:

1. Тип рынка (b2b или b2c).
2. Размер предприятия (на рынке b2b).
3. Сфера деятельности предприятия (на рынке b2b).
4. Уровень дохода (на рынке b2c).
5. Объект наблюдения (на рынке b2c).

На рынке b2b предприятия по размеру были разделены на мелкие, средние и крупные. Для дальнейшего рассмотрения сегмент крупных предприятий был исключен, основываясь на статистических данных о наличии на крупных предприятиях своей системы наблюдения, по этой же причине был исключен сегмент предприятий, занятых в производственной сфере. Также был исключен сегмент организаций, занятых в сфере электронного бизнеса, так как в данной отрасли нет необходимости вести видеонаблюдение за сотрудниками. На рынке b2c все возможные потребители были разделены по уровню дохода: высокий, средний и низкий. Сегмент потребителей с высоким уровнем дохода был исключен для дальнейшего рассмотрения, так как особенностью сервиса «Logisat» является самостоятельная покупка и подключение камер к сервису, а людям с высоким уровнем дохода не захочется тратить на это свое время. Сегмент потребителей с низким уровнем дохода исключен из дальнейшего рассмотрения, потому что у данной целевой аудитории другие потребности стоят на первом плане, и они не захотят тратить деньги на удаленное видеонаблюдение. В соответствии с выбранными переменными сегментирования проведена декомпозиция рынка (рис. 1).

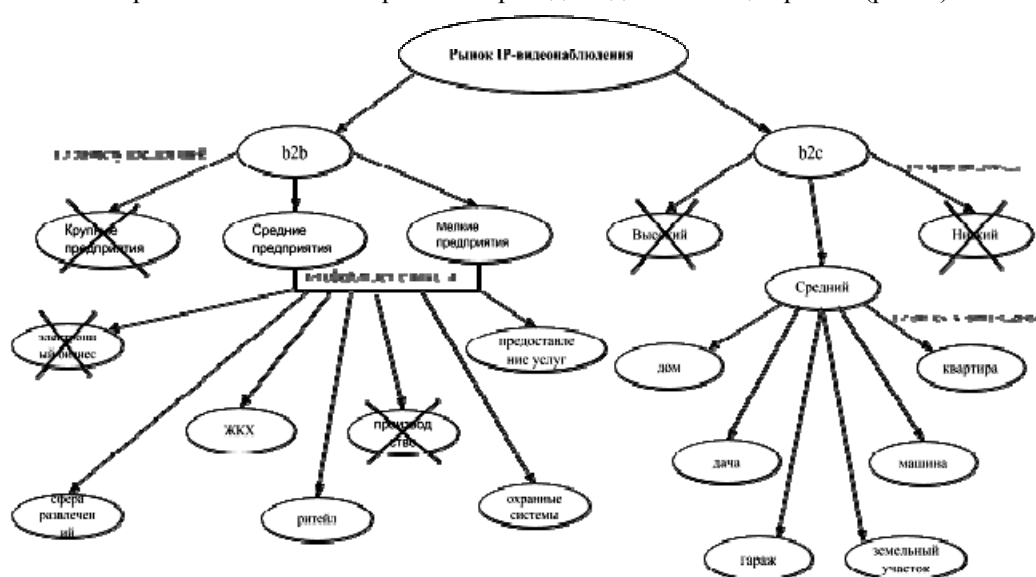


Рис. 1. Декомпозиция рынка

Для оценки перспективности каждого выбранного сегмента проводится оценка емкости рынка. Этот показатель помогает сделать прогноз о максимальной прибыли, которую можно получить, внедрив продукт к конкретной целевой аудитории. Для оценки размера рыночных сегментов использовались статистические данные, опубликованные в открытых источниках. Для расчёта средней стоимости оплаты услуги использовались данные о тарифах фирм-конкурентов. По-

лученные количественные показатели приведены в сводной таблице. Основываясь на полученных данных, можно сделать вывод о том, что наиболее перспективным будет внедрение сервиса для наблюдения за квартирами [3].

**Емкость рыночных сегментов**

Сегмент рынка	Размер сегмента рынка (шт.)	Средняя стоимость оплаты услуги	Емкость рыночного сегмента
ЖКХ	11 598	305,9 руб./мес	3 545 075 руб./мес
Охранные предприятия	4615	305,9 руб./мес 20 000 р (разовый платеж)	1 411 729 руб./мес 92 300 000 руб. (разовый платеж)
Зоопарки	52	305,9 руб./мес 20 000 р (разовый платеж)	15 907 руб./мес 1 040 000 руб. (разовый платеж)
Дача	58,5 млн	358,6 руб./мес	20 987,1 млн руб./мес
Машина	20,8 млн	288,3 руб./мес	5 997,2 млн руб./мес
Земельный участок	19,02 млн	358,6 руб./мес	6 820,6 млн руб./мес
Частный дом	38,04 млн	288,3 руб./мес	10 967 млн руб./мес
Квартира	99,5 млн	288,3 руб./мес	28 685,9 млн руб./мес

**Конкуренция на рынке.** Используя открытые источники в сети Интернет были выделены основные фирмы-конкуренты. Прямые конкуренты: Ivideon, CamDrive, Sky Altegro, Veedoi Video Control 70. Помимо прямых, были выделены еще и косвенные конкуренты: система видеонаблюдения «Линия», WebGlazok и Мастер-СКС. Также к косвенным конкурентам относятся охранные предприятия и различные виды сигнализаций. Для анализа уровня конкуренции в отрасли в целом была использована методика «5 сред» М. Портера. Основные факторы, определяющие уровень конкуренции в отрасли, объединены в группы. Для факторов каждой группы оценивается в балльной шкале влияние на уровень конкуренции в отрасли, а также прогнозная оценка о влиянии фактора: повысится, понизится или не изменится сила влияния фактора на отрасль в целом. Обобщив оценки, можно сделать вывод о том, что наиболее сильное влияние на конкурентную ситуацию на рынке оказывают товары-заменители. И влияние данного фактора в перспективе повысится. Это связано с тем, что множество фирм предлагают схожую продукцию, и для того, чтобы новый продукт заметили, он должен иметь уникальный функционал или яркую рекламу, чтобы выделяться на фоне конкурентов. Наименьшее влияние оказывают факторы, входящие в группу влияния поставщиков. И влияние данной группы факторов будет снижаться в дальнейшем [4]. Это связано с тем, что в данной отрасли фактически нет компонентов, которые поставляются фирмам со стороны. Это могут быть только камеры и прочее оборудование, но многие сервисы переключаются на закупку камер и комплектующих на пользователей, поэтому влияние поставщиков на отрасль будет снижаться в будущем.

**Продвижение продукта.** На данный момент наиболее эффективным является продвижение IT-продукции в интернете. Способы продвижения в Интернете можно разделить на два больших раздела: стандартные способы продвижения и нестандартные способы. К стандартным способам относятся: SEO, контекстная реклама, баннерная реклама, тизерная реклама и SMM. Нестандартных методов

множество, но выделить можно: Youtube-продвижение, доски объявлений, купонные сервисы, работу с лидерами мнений и партизанский маркетинг. Для продвижения сервиса «Logicam» рекомендуется использовать стандартные методы. Наиболее эффективным будет продвижение через Интернет, потому что целевая аудитория, заинтересованная в данном продукте, – это люди современные, которые активно используют новые технологии, готовые пускать их в свою повседневную жизнь. При появлении какой-либо проблемы или желания при поиске решения такие люди обязательно будут пользоваться поисковыми системами в Интернете, поэтому в данном случае эффективными будут SEO-продвижение, а также контекстовая и баннерная реклама. Также эффективным будет использование социальных сетей, потому что практически все потенциальные потребители рассматриваемого сервиса используют социальные сети не только для общения, но и для поиска информации. Данный способ продвижения может быть полезен для привлечения клиентов методом «снежного кома», когда друзья рассказывают друг другу о найденном ими сервисе удаленного видеонаблюдения и советуют воспользоваться им. Еще один способ – это канал на Youtube, где могут быть представлены видеоролики, демонстрирующие эффективность данного сервиса удаленного видеонаблюдения, комментарии разработчиков и уже подключившихся клиентов. Комплексное использование данных способов продвижения поможет обеспечить высокий спрос на сервис удаленного видеонаблюдения «Logicam».

**Итоги.** Используя сервисы удаленного видеонаблюдения, у людей появляется возможность обезопасить свое жилье и близких, осуществлять контроль за сотрудниками в офисе, наблюдать за движимым имуществом. Все это позволяет человеку почувствовать себя в безопасности. Именно поэтому разработка и продвижение сервисов IP-видеонаблюдения является актуальной на сегодняшний день. Для сервиса «Logicam», разработанного на базе МСБИ «Дружба», были проведены выявление наиболее перспективных рыночных сегментов, анализ конкурентной ситуации в них, а также предложены способы продвижения на рынке. По результатам исследований сформированы рекомендации по продвижению данного сервиса. Наиболее перспективным является позиционирование продукта для обеспечения безопасности жилья. Сервис следует предлагать либо физическим лицам, которые хотят наблюдать за своей квартирой, либо организациям занятым в сфере ЖКХ, для наблюдения за подъездами, парковкой и лифтами. Основным фактором, влияющим на конкуренцию в данной отрасли, является влияние товаров-заменителей, следовательно, необходимо обеспечить функционал, отличающийся от конкурентов, направленный на узкий целевой сегмент. Рекламу эффективнее всего размещать в Интернете и активно использовать для продвижения в социальные сети. Использование данных рекомендаций поможет получить наибольшую прибыль от внедрения данного продукта.

#### **Литература**

1. IT-маркетинг: методические указания по выполнению лабораторных работ и организации самостоятельной работы для студентов направления подготовки 080500.62 «Бизнес-информатика» / Е.А. Янченко. М., 2015. 5 с.
2. Бронникова Т.С. Маркетинг: учеб. пособие / Т.С. Бронникова, А.Г. Чернявский. 1999. 138 с. (
3. Арутюнова Д.В. Стратегический менеджмент: учеб. пособие. 2010. 122 с.
4. Сенченко П.В. Надежность, эргономика и качество АСОИУ: учеб. пособие. Томск: ТУСУР, 2005. 169 с.

# ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЧАСТЕЙ ТЕЛА НА БИНАРИЗОВАННОМ ИЗОБРАЖЕНИИ ФИГУРЫ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ПРОПОРЦИЙ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА

*Е.В. Ивашко, О.П. Мусиенко*

Поставлена задача изучить и применить пропорции человеческого тела к бинаризованному изображению, полученному после видеообработки. Для этого проведен анализ существующих методов определения отдельных частей тела, таких как голова, тело, руки и ноги. Проведено исследование и анализ полученных знаний на бинаризованных изображениях фигуры человека.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение, распознавание образов, фигура человека, бинаризованное изображение, пропорции человеческого тела.

В современном мире зачастую человек смотрит на мир не своими глазами, а сквозь призму видеокамер. Видеообработкой, или, по-другому, обработкой потока изображений, начали заниматься сравнительно недавно, но, несмотря на это, компьютерное зрение [1] уже имеет широкое распространение во многих сферах деятельности. Такие области, как медицина, военная промышленность, транспорт, уже немыслимы без специально разработанных технологий обработки изображений. Одним из самых быстроразвивающихся и актуальных направлений компьютерного зрения является распознавание образов [2], а именно, распознавание человеческого силуэта. Это направление, в свою очередь, также может быть разбито на ряд задач, для решения которых применяются различные подходы. Так, например, абсолютно разные взгляды на выделение объекта с одиночного изображения и с последовательности кадров, т.е., с видео. И это естественно, фактически при наличии последовательности кадров есть возможность их сравнивать, замечая изменения, к которым, в первую очередь, относится движение человека, а при наличии лишь одного кадра используют известные цветовые маски для детектирования человека. Наша работа направлена на обработку видеопотока, т.е. последовательности кадров.

Выделение человеческой фигуры представляет собой сложную последовательность действий. Ведь для того чтобы получить четкие и действительные очертания человека, необходимо проделать не одну операцию: установить положение человека в кадре, удалить имеющиеся шумы [2], определить области, относящиеся к интересующему объекту, а не к теням или фону. Каждый из этих шагов представляет собой отдельную полноценную задачу, существует множество алгоритмов и методов для решения каждой из них. Так, например, для выделения движущегося объекта из видеопотока нами были изучены более 20 различных алгоритмов, и после тщательного анализа были отобраны и реализованы следующие: метод временной разности [3], метод гауссовой смеси [4], адаптивный метод [5]. Для детектирования и удаления тени были использованы алгоритмы, опирающиеся на яркость изображения. В частности, алгоритм, основанный на анализе пикселей с большой отрицательной разницей изображений кадра и оценки фона, и низкой яркостью в изображении кадра [6], алгоритм, основанный на анализе уменьшения яркости кадра в некоторое количество раз по сравнению с яркостью оценки фона [6].

Таким образом, после последовательного применения алгоритмов, т.е. какой-либо комбинации из перечисленных выше методов, получаем набор бина-

ризованных изображений: человеческий силуэт выделен белым, фон – черным (рис. 1).



Рис. 1. Бинаризованное изображение человека

Дальнейшая обработка выделенной фигуры зависит от области применения, точнее говоря, от конкретной поставленной задачи. Однако во многих сферах необходимо различать не просто силуэт, а определить каждую часть тела в отдельности: голову, руки, туловище, ноги. Это уже детальная обработка выделенного изображения. Для разбиения фигуры на части тела существуют разные подходы. Один из наиболее точных и не зависящих от качества полученного изображения – с помощью известных пропорций [7] человеческого тела. Чтобы верно определить положение каждой части тела человека, необходимо знать их соотношение между собой и к целому.

Поискам идеальных пропорций фигуры было уделено много времени художниками разных времен и народов. Первые пропорции были выработаны еще в Древнем Египте, где за единицу измерения была принята величина среднего пальца руки. Выработкой пропорций занимались и в Древней Греции. Много внимания уделяли пропорциям художники эпохи Возрождения: Микеланджело, Леонардо да Винчи, Дюффер и др. Внесли свою лепту и представители нашего времени: Ле Карбюзье, И.В. Жолтовский, М.Я. Гинзбург. За это время были выработаны самые разнообразные каноны построения фигуры, основанные на глубоком изучении человека и представлении об идеале той или иной эпохи. Так, например, Леонардо да Винчи создал рисунок витрувианского человека [8] как иллюстрацию для книги, посвященной трудам Витрувия. Рисунок сопровождается пояснительными надписями в одном из его журналов. На нем изображена фигура обнаженного мужчины в двух наложенных одна на другую позициях: с разведенными в стороны руками, описывающими круг и квадрат. Рисунок и текст иногда называют каноническими пропорциями. При исследовании рисунка можно заметить, что комбинация рук и ног в действительности составляет четыре различных позы. Поза с разведенными в стороны руками и неразведенными ногами, вписывается в квадрат («Квадрат древних»). С другой стороны, поза с раскинутыми в стороны руками и ногами, вписывается в круг. И хотя при смене поз, кажется, что центр фигуры движется, на самом деле пуп фигуры, который является настоящим её центром, остается неподвижным. В сопроводительных записях Леонардо да Винчи указал, что рисунок был создан для изучения пропорций (мужского) человеческого тела.

Одна из пропорций, чаще всего встречающихся в природе, получила название «золотое сечение» [8]. Оно было известно ещё в древности. Термин «золотое сечение» ввел Леонардо да Винчи. Если человеческую фигуру – самое совершенное творение вселенной – перевяжем поясом и отмерим потом расстояние от



пояса до ступней, то эта величина будет относиться к расстоянию от того же пояса до макушки, как весь рост человека относится к длине от пояса до ступней.

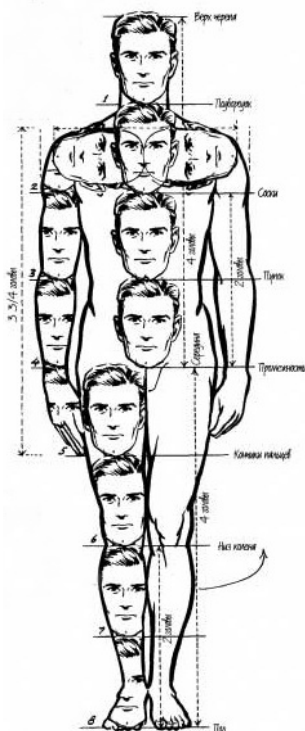


Рис. 2. Пропорции человеческого тела

После Леонардо да Винчи многие стремились найти идеальные пропорции человека. В результате исследований в качестве единицы измерения человеческого тела была принята голова. Высота головы укладывается в вертикаль фигуры 7–8 раз, а ширина в горизонталь – примерно 3 раза. Высота туловища и у мужчин, и у женщин, начиная от макушки и до промежности, составляет приблизительно четыре высоты головы, соответственно длина ног составляет 3–4 головы (рис. 2).

Длина позвоночника мало отличается у людей высокого и низкого роста. Высокий и низкий человек, сидя рядом, часто выглядят людьми одного роста, так как разница в росте в основном получается за счет длины ног. В связи с этим рассматривается два вида сеток для определения положения частей тела на изображении человеческой фигуры (7×3 и 8×3). Впишем фигуру человека в прямоугольник: макушка определяет верхнюю границу, пятки – нижнюю, боковые границы определяются плечами. Наложив на полученный прямоугольник одну из сеток, получим, что голова занимает в верхнем ряду средний прямоугольник. Далее, три ряда прямоугольников полностью заняты туловищем от подбородка до промежности. Соответственно в оставшихся нижних прямоугольниках – ноги. На рис. 3 представлены одинаковые фигуры, вписанные в два вида сеток – 7×3 и 8×3. Как можно заметить, для данного изображения человека сетка 8×3 более точно фрагментирует части тела.

После анализа подобных изображений и сравнения результатов наложения двух видов сеток, было решено использовать сетку 8×3. Это объясняется тем, что в большинстве исследованных случаев (как и в приведенном на рис. 3) отклонения от описанных выше пропорций при использовании сетки 8×3 намного меньше, чем при использовании сетки 7×3.

Далее находим основные точки для определения частей тела. Для области головы находим центр прямоугольника – это точка, определяющая положение головы. Для нахождения точек, определяющих область туловища, нужно объединить базовые прямоугольники, содержащие туловище от подбородка до промежности, в один целый прямоугольник. Находим среднюю точку полученного прямоугольника (крайние точки отрезка не связаны с туловищем) и среднюю точку отрезка прямоугольника, соответствующего области ног человека. Для определения положения ног выберем боковые контуры фигуры нижнего прямоугольника. Известно [7], что толщина обеих ног примерно составляет размер туловища и что колени делят пополам высоту ног. Соответственно, отступая от найденных контуров линий на четверть фигуры к центру прямоугольника, получаем положение ног человека. В итоге получим точки, определяющие положение основных частей человеческого тела.

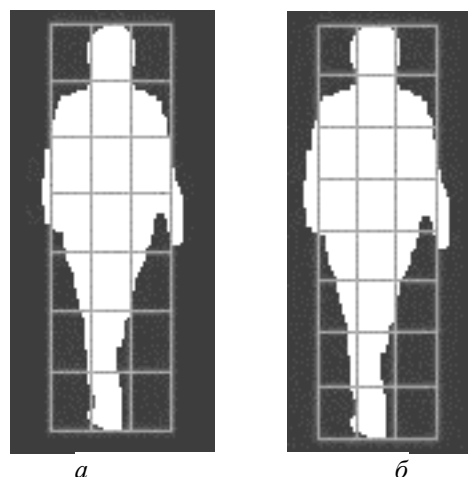


Рис. 3. Силуэт человека, вписанный в сетку: *а* – в сетку 7×3; *б* – в сетку 8×3

В ходе работы были изучены различные подходы определения частей тела по силуэту человека и особо выделен подход, использующий пропорции человеческого тела. На бинаризованных изображениях, полученных с помощью ранее написанной программы, были изучены две сетки. После анализа и сравнения отклонений полученных результатов было отдано предпочтение сетке 8×3. С использованием этой сетки найдены точки, определяющие положение основных частей человеческого тела. Полученные результаты могут быть использованы для построения скелетной модели, моделирования человеческой фигуры и ее анализа.

#### Литература

1. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. М.: Вильямс, 2004. 928 с.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. 3-е изд., испр. и доп. М.: Техносфера, 2012. 1104 с.
3. Ko T., Soatto S., Estrin D. Background Subtraction on Distributions // ECCV '08 Proceedings of the 10th European Conference on Computer Vision: Part III, 2008. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vision.ucla.edu/papers/koSE08.pdf>
4. Сазонов В.А., Тихоненко С.Г. Алгоритм локализации движущихся объектов в видеопотоке на основе модели гауссовых распределений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/28613/1/101-106%234.pdf>
5. Салимзибаров Р., Разумков А., Коробков А. Адаптивный метод выделения движущихся объектов // Proc. GraphiCon, 2010.
6. Харченко К.В. Удаление теней в изображениях для обработки плотного оптического потока [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://cad.kpi.ua/attachments/043\\_2011\\_023.pdf](http://cad.kpi.ua/attachments/043_2011_023.pdf)
7. Ратнер П. Трехмерное моделирование и анимация человека [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://dl.libkruz.com/files/12720/design/video/Model\\_Ratner.pdf](http://dl.libkruz.com/files/12720/design/video/Model_Ratner.pdf)
8. Сайт о Леонардо да Винчи. Витрувианский человек. «Золотое сечение» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://leovinci.ru/vitruvian/>

# МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЧЕТКОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИНЕЙНЫМИ АЛГОРИТМАМИ

*А.В. Каменский*

Объектом исследования являются линейные алгоритмы обработки изображений. В процессе выполнения работы были определены оптимальные коэффициенты для используемых фильтров обработки изображений. Проведено сравнение эффективности работы линейных алгоритмов для различных изображений.

**Ключевые слова:** разрешающая способность, цифровая обработка изображений, лапласиан, нерезкая маска, двумерный квазиоптимальный цифровой фильтр, улучшение качества изображения.

Объектом исследования являются линейные алгоритмы обработки изображений для повышения их качества и оценки контрастно-частотных характеристик.

**Оператор «Лапласиан».** Одним из типичных приложений фильтрации изображений с подъемом верхних частот является случай (рис. 1), когда исходное изображение темнее, чем это требуется. Варьированием коэффициента усиления высоких частот обычно удается добиться общего увеличения яркости изображения и получить желаемый результат [1].

0	-1	0	-1	-1	-1
-1	$A+4$	-1	-1	$A+8$	-1
0	-1	0	-1	-1	-1
<i>a</i>			<i>б</i>		

Рис. 1. Метод фильтрации изображения с подъемом верхних частот реализован при использовании масок с  $A \geq 1$ ;  $a$  – лапласиан для четырех соседей;  $б$  – лапласиан для восьми соседей

**Оператор «Unsharp Mask», или «нерезкая маска».** Этот «плагин фильтр» программного обеспечения ImageJ, Unsharp реализует команду Mask ImageJ в маске нерезкого маскирования, вычитает размытую копию изображения и изменяет масштаб изображения, чтобы получить тот же контраст «больших» (низко-частотных) структур, как на исходном изображении. Это эквивалентно добавлению верхних частот от фильтрованного изображения и, таким образом, повышается четкость изображения. Радиус (Sigma) – это стандартное отклонение (радиус гауссова размытия), который вычитается. Маска Вес определяет «силу» фильтрации, при маска Вес = 1 будет высокий вес верхних частот в отфильтрованное изображение, который добавляется, диалоговое окно с параметрами маски приведено на рис. 2.

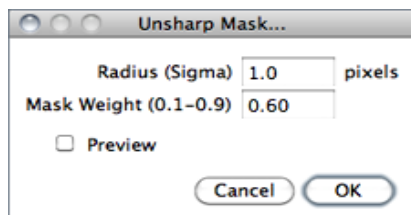


Рис. 2. Окно параметров маски UNSHARP MASK

Фильтр «Unsharp Mask» (нерезкая маска) позволяет увеличивать четкость фотографий, что положительно сказывается на их восприятии. Эффект нерезкого маскирования может быть полезен при подготовке изображения к печати или при их обработке после уменьшения, когда становится заметна некоторая потеря четкости. При этом стоит помнить, что неверная комбинация параметров может привести к исчезновению деталей, особенно в ярких и темных областях снимка, усилению цифрового шума и общей неестественности фотографии [2].

**Двумерный цифровой квазиоптимальный фильтр (ДЦКФ).** При линейном выделении объектов на фоновом изображении действие алгоритма можно представить последовательной сверткой этого изображения, с дифференцирующей и сглаживающей масками. Для дискретного фильтра, дифференцирующая маска будет эквивалентна одной из разновидностей дискретного аналога оператора Лапласа, а значение коэффициентов в сглаживающей маске будут определяться дискретизированными отсчетами сигнала от объекта.

Подобным методом получена структура двумерного цифрового квазиоптимального фильтра для выделения сигнала точечного объекта на низкочастотном фоне. Матрица весовых коэффициентов соответствующего оптимального фильтра до ближайших значений  $2^{-n}$ , причем сумма отрицательных коэффициентов матрицы была равна сумме положительных. Полученная матрица показана на рис. 3 [3].

-2	-4	-8	-4	-2
-3	-2	8	-2	-3
-6	12	32	12	-6
-3	-2	8	-2	-3
-2	-4	-8	-4	-2

Рис. 3. Двумерный цифровой квазиоптимальный фильтр размером 5×5

**Результаты эксперимента.** В данной работе эксперимент проводился с камерой EVIDENCE Apix-Bullet / M2 Lite LED 3312. Мегапиксельная IP-видеокамера с ИК-подсветкой предназначена для использования на улице. Качество изображения, которое обеспечивает EVIDENCE Apix-Bullet / M2 Lite LED 3312, отвечает требованиям, предъявляемым к современным системам видеонаблюдения.

В ходе выполнения экспериментальной части работы были проведены эксперименты с изображениями тестовой таблицы ISO12233 на 4000 линий для двух случаев, когда таблица была «вписана и сфокусирована» и изображение было ухудшено при помощи расфокусировки [4, 5].

Для первого случая, когда изображение было «вписано и сфокусировано», исходное значение разрешения равнялось 419 ТВЛ. Оно было обработано фильтрами, в которых изменялся центральный коэффициент «А» и радиус размытия. Далее были выбраны коэффициенты, показавшие наилучший результат.

1. Лапласиан  $A = 4$ , разрешение поднялось до 1088 ТВЛ.
2. Unsharp Mask, или «нерезкая маска»,  $A = 2$ , разрешение 963 ТВЛ.
3. ДЦКФ  $A = 25$ , разрешение 1082 ТВЛ.

При изображении, ухудшенном при помощи расфокусировки, значение разрешения равно 222 ТВЛ, после обработки изображения фильтрами были получены следующие результаты.

1. Лапласиан  $A = 1$ , разрешение 436 ТВЛ.
2. Unsharp Mask, или «нерезкая маска»,  $A = 5$ , разрешение 367 ТВЛ.
3. ДЦКФ  $A = 18$ , разрешение 442 ТВЛ.

На рис. 4 приведены графики контрастно-частотных характеристик (КЧХ) исходных и обработанных изображений. Данные коэффициенты показавшие наилучшие показатели качества изображения, были использованы в последующем эксперименте. Также были сняты тестовые изображения в тех же положе-

ниях, но расфокусировка была более сильной. В случае когда изображение было «вписано и сфокусировано», разрешение равнялось 523 ТВЛ, а в случае с расфокусированным изображением – 103 ТВ. На рис. 5 приведены комбинированные изображения для данных случаев съемки.

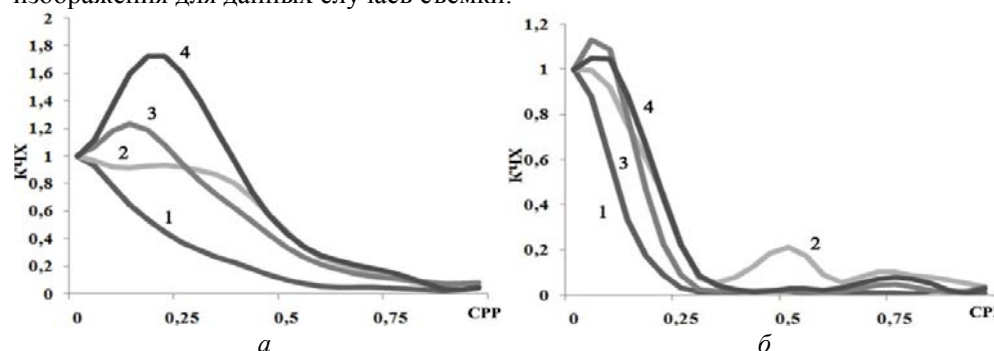


Рис. 4. Графики КЧХ для случая, когда изображение «вписано и сфокусировано», – *а*; для изображения ухудшенного при помощи расфокусировки – *б*: 1 – исходное изображение, 2 – лапласиан, 3 – Unsharp Mask, или «нерезкая маска», 4 – ДЦКФ

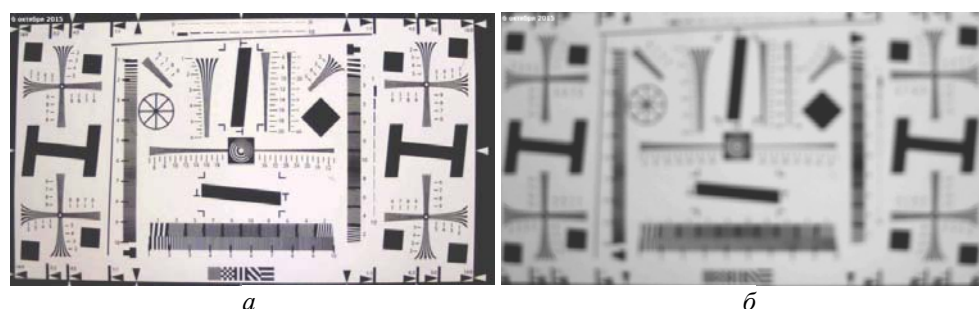


Рис. 5. Изображение «вписано и сфокусировано» – *а*; расфокусированное изображение – *б*

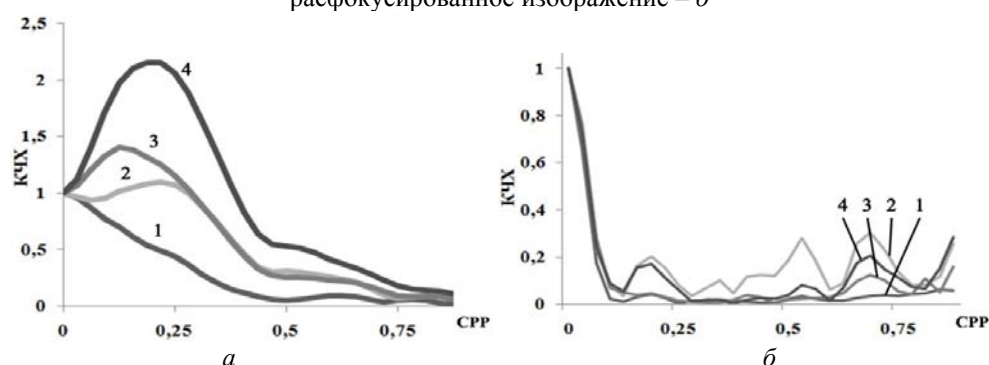


Рис. 6. Графики КЧХ для случая, когда изображение «вписано и сфокусировано» – *а*; для изображения ухудшенного при помощи расфокусировки – *б*: 1 – исходное изображение, 2 – лапласиан, 3 – Unsharp Mask, или «нерезкая маска», 4 – ДЦКФ

При фильтрации изображения «вписанного и сфокусированного» были получены следующие результаты.

1. Лапласиан  $A = 4$ , разрешение 953 ТВЛ.
2. Unsharp Mask, или «нерезкая маска»,  $A = 2$ , разрешение 862 ТВЛ.

3. ДЦКФ  $A = 25$ , разрешение 925 ТВЛ.

При фильтрации изображения расфокусированного были получены следующие результаты:

1. Лапласиан  $A = 1$ , разрешение 111 ТВЛ.

2. Unsharp Mask, или «нerezкая маска»,  $A = 5$ , разрешение 120 ТВЛ.

3. ДЦКФ  $A = 18$ , разрешение 113 ТВЛ.

На рис. 6 приведены графики КЧХ исходных изображений и изображений после фильтрации.

**Заключение.** В данной работе были приведены результаты исследования методов линейной фильтрации изображений, а именно фильтр повышения четкости «лапласиан», встроенный фильтр Unsharp Mask программы ImageJ и двумерный цифровой квазиоптимальный фильтр. В ходе проведения экспериментальных исследований были получены оптимальные значения центральных коэффициентов для фильтра повышения четкости «лапласиан», двумерного цифрового квазиоптимального фильтра и радиуса размытия для фильтра Unsharp Mask. Проведен анализ данных изображений, снятых видеокамерой высокой четкости (Apix-Bullet / M2 Lite LED 3312 – IP-камера eVidence). Также был проведен тестовый эксперимент с полученными значениями центральных коэффициентов для двух изображений. Когда изображение было «вписано и сфокусировано», результаты обработки также показали значительное улучшение качества изображения после обработки.

#### Литература

1. Гонсалес Р., Вудс В. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.

2. Класс UnsharpMask [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rsb.info.nih.gov/ij/developer/api/ij/plugin/filter/UnsharpMask.html>, свободный (дата обращения: 29.09.2015).

3. Мандражи В.П. Эффективность двумерной фильтрации сигналов при определении координат точечных объектов // Техника средств связи. Сер.: «Техника телевидения». 1982. Вып. 5. С. 38–48.

4. Imatest [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.imatest.com/>, свободный (дата обращения: 26.09.2015).

5. Каменский А.В., Маланин М.Ю., Курячий М.И. Лабораторный практикум по дисциплинам «Измерительное телевидение» и «Телевизионные измерения». Работа № 2 «Измерение разрешающей способности и четкости телевизионного изображения». 2014. 36 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tu.tusur.ru/category?id=13>, свободный.

УДК 621.397: 004.932.2

#### ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ВНУТРИКАДРОВОМ СЖАТИИ ВИДЕОДАННЫХ

*В.В. Капустин*

Реализован программный модуль в среде разработки MATLAB, позволяющий оценить степень вносимых искажений в изображение при использовании дискретно-косинусных преобразований и вейвлет-преобразований с последующим квантованием полученных коэффициентов. Приведены резуль-

таты исследования вносимых в изображение искажений при различных размерах блоков ДКП.

**Ключевые слова:** внутрикадровое сжатие, дискретно-косинусное преобразование, вейвлет-преобразование, квантование, среднеквадратическая ошибка, пиковое отношение сигнал/шум.

Известно, что в настоящее время для кодирования видеопоследовательностей особой популярностью пользуются стандарты, в которых в качестве внутрикадрового сжатия используется дискретно-косинусное преобразование (ДКП). Современные видеокомпрессоры позволяют использовать для ДКП блоки разных размеров, включая адаптивный выбор размера блока в зависимости от области изображения. Для областей содержащих мелкие детали, применяются блоки меньшего размера, области с однотонным содержанием разбиваются на блоки большего размера [1, 2].

Для повышения качества восстановленного изображения в современных алгоритмах предусмотрена постобработка изображения деблокинг-фильтром. Применение дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) в алгоритмах сжатия видеопоследовательностей в настоящее время менее распространено.

Создание инструментального средства для оценки качества изображений при внутрикадровом сжатии необходимо, в первую очередь, для изучения влияния вносимых потерь в восстановленное изображение и как данные потери могут, например, отразиться на эффективности алгоритмов машинного зрения при выделении границ в изображениях.

Для разработки инструментального средства использовался пакет прикладных программ MATLAB. Язык MATLAB является высокоуровневым интерпретируемым языком программирования, включающим основанные на матрицах структуры данных, широкий спектр функций, интегрированную среду разработки и объектно-ориентированные возможности [3].

Интерфейс разрабатываемого инструментального средства позволяет сжимать изображения независимо как с применением ДКП, так и с использованием дискретного вейвлет-преобразования, что позволяет наглядно сравнить степень и характер вносимых в изображение искажений.

На данном этапе реализации алгоритм программы позволяет:

- применить к входному изображению ДКП с выбором размера обрабатываемого блока:  $4 \times 4$ ,  $8 \times 8$  и  $16 \times 16$  элементов;
- сгенерировать матрицу квантования в зависимости от выбранного размера блока и значения качества кодирования;
- в случае использования ДВП для выбора доступны 6 вейвлет фильтров и 5 степеней фильтрации;
- вычислить коэффициент сжатия, энтропию, среднеквадратическую ошибку и пиковое отношение сигнал/шум;
- вычислить среднеквадратическую ошибку и пиковое отношение сигнал/шум для отдельного участка изображения по выбору пользователя;
- вывести на экран гистограммы входного и восстановленного изображения;
- выделить границы на восстановленном изображении оператором Канни и оператором Собела.

Общий вид интерфейса программы приведен на рис. 1.

**Описание работы алгоритма разрабатываемой программы.** Входным источником для кодеров, реализованных в программе, является файл формата BMP

в цветовом пространстве RGB. В процессе кодирования последовательно происходит преобразование изображения из цветового пространства RGB в пространство YCbCr при условии того, что изображение цветное. Черно-белое изображение в формате BMP представляет собой аналог яркостной компоненты пространства YCbCr.

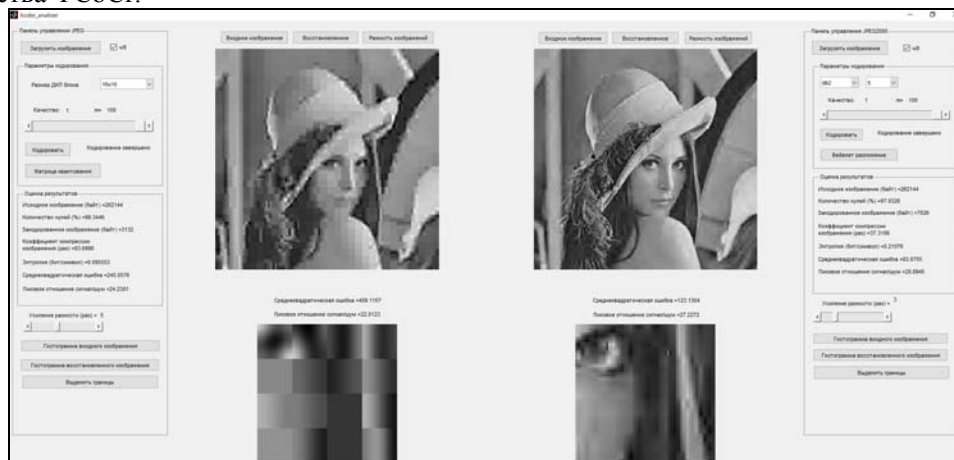


Рис. 1. Интерфейс программы

Следующим шагом в зависимости от кодера является деление изображения на блоки  $4 \times 4$ ,  $8 \times 8$  или  $16 \times 16$  элементов и применение к данным блокам операции двумерного дискретного косинусного преобразования либо применение дискретного вейвлет-преобразования ко всему изображению целиком.

После квантования полученных коэффициентов рассчитывается энтропия, вычисляются размер сжатого изображения, коэффициент сжатия, пиковое отношение сигнал/шум и среднеквадратическая ошибка.

Восстановление изображения происходит в обратной последовательности.

**Метрики ошибок.** Разработчикам методов сжатия изображений с частичной потерей информации необходимы стандартные метрики для измерения расхождения восстановленных и исходных изображений. Чем ближе восстановленный образ к исходному, тем больше должна быть эта метрика (ее удобно называть «метрикой сходства»). Эта метрика должна быть безразмерной и не слишком чувствительной к малым изменениям восстанавливаемого изображения. Общепринятой величиной, используемой для этих целей, служит пиковое отношение сигнал/шум (PSNR – peak signal to noise ratio). Оно известно всем, кто работает в этой области, его легко вычислять, но оно имеет достаточно ограниченное, приближенное отношение к расхождениям, которые обнаруживаются органами зрения человека. Высокое значение PSNR означает определенную схожесть реконструированного и исходного изображений, но оно не дает гарантии того, что зрителю понравится восстановленный образ [4]. Среднеквадратическая ошибка (MSE – mean square error) равна среднему квадрату ошибок (разностей пикселей) двух изображений.

**Результаты измерений.** Для проведения исследований влияния размера блока на результаты кодирования использовалось черно-белое изображение «lena» с разрешением  $512 \times 512$  элементов.

Параметры кодирования были выставлены таким образом, чтобы пиковое соотношение сигнал/шум было равно около 30 децибелов.



На рис. 2, *а* представлено восстановленное изображение после кодирования с использованием блоков размером  $4 \times 4$  элемента, на рис. 2, *б* представлены параметры и результаты кодирования изображения.



*а*

Параметры кодирования	
Размер ДКП блока	4x4
Качество: 74	m= 27
<input type="button" value="Кодировать"/> <span>Кодирование завершено</span>	
<input type="button" value="Матрица квантования"/>	
Оценка результатов	
Исходное изображение (байт) =262144	
Количество нулей (%) =92.4622	
Закодированное изображение (байт) =25909	
Коэффициент компрессии изображения (раз) =10.1179	
Энтропия (бит/символ) =0.79067	
Среднеквадратическая ошибка =63.9045	
Пиковое отношение сигнал/шум =30.0755	

*б*

Рис. 2. Восстановленное изображение (*а*), параметры и результаты кодирования (*б*)

На рис. 3, *а* представлено восстановленное изображение после кодирования с использованием блоков размером  $8 \times 8$  элемента, на рис. 3, *б* представлены параметры и результаты кодирования изображения.



*а*

Параметры кодирования	
Размер ДКП блока	8x8
Качество: 82	m= 19
<input type="button" value="Кодировать"/> <span>Кодирование завершено</span>	
<input type="button" value="Матрица квантования"/>	
Оценка результатов	
Исходное изображение (байт) =262144	
Количество нулей (%) =96.4249	
Закодированное изображение (байт) =13185	
Коэффициент компрессии изображения (раз) =19.882	
Энтропия (бит/символ) =0.40236	
Среднеквадратическая ошибка =64.6611	
Пиковое отношение сигнал/шум =30.0244	

*б*

Рис. 3. Восстановленное изображение (*а*), параметры и результаты кодирования (*б*)

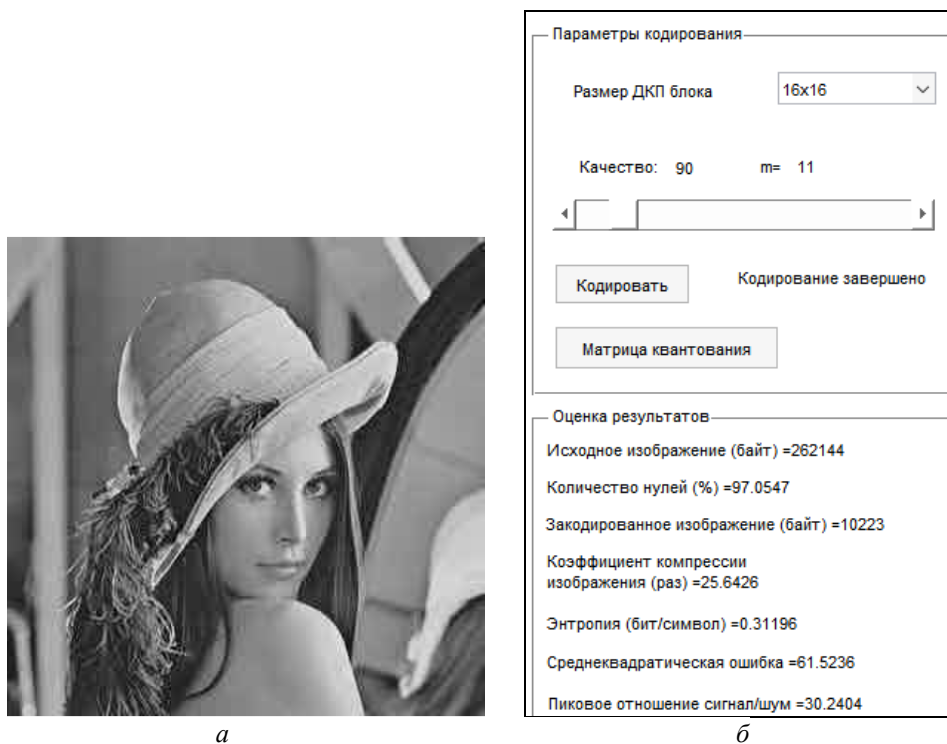


Рис. 4. Восстановленное изображение (а), параметры и результаты кодирования (б)

На рис. 4, а представлено восстановленное изображение после кодирования с использованием блоков размером  $16 \times 16$  элемента, на рис. 4, б представлены параметры и результаты кодирования изображения.

**Заключение.** В результате измерений, было установлено, что меньший коэффициент компрессии изображения (10 раз) получен при делении изображения на блоки размером  $4 \times 4$  элемента при одинаковом отношении сигнал/шум. Субъективно изображение выглядит лучше, чем при использовании блоков размером  $8 \times 8$  и  $16 \times 16$  элементов.

Большой коэффициент компрессии (25,64 раза) достигается при использовании блоков  $16 \times 16$  элементов, но на изображении начинают проявляться заметные искажения.

### Литература

1. Дворкович В.П. Цифровые видеоинформационные системы (теория и практика) / В.П. Дворкович, А.В. Дворкович. М.: Техносфера, 2012. 1008 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. М.: Техносфера, 2006. 616 с.
4. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука. М.: Техносфера, 2004. 368 с.
5. Конюхов А.Л. Критерии оценки отношения сигнал/шум в активно-импульсных телевизионно-вычислительных системах / А.Л. Конюхов, А.Г. Костевич, М.И. Курячий // Доклады ТУСУРа. 2012. Т. 26, № 2, ч. 1. С. 111–115.

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГОМОМОРФНОГО ФИЛЬТРА ПОВЫШЕНИЯ ЧЕТКОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

*М.Ю. Маланин*

Предложена методика оптимизации гомоморфного фильтра повышения четкости телевизионного изображения по визуальной оценке качества и по контрастно-частотным характеристикам. Проведен эксперимент по оценке значений контрастно-частотных характеристик программными средствами с целью оптимизации параметров гомоморфного фильтра повышения четкости телевизионного изображения.

**Ключевые слова:** телевизионные изображения, разрешающая способность, четкость, контрастно-частотная характеристика.

Для визуального измерения разрешения видеоизображения используют специальные настроечные тестовые таблицы, в которых изображаются группы линий переменной толщины – «клинья».

Для того чтобы более полно определить разрешение, нам необходимо знать не число, а функцию – зависимость контраста между черной и белой линиями от числа линий в кадре, так называемую контрастно-частотную характеристику (КЧХ), которую позволяет сформировать программа Imatest [1].

Для изображений, полученных с телевизионной камеры высокой четкости, измерения производятся по таблице стандарта ISO1223. На графике КЧХ в программе Imatest по оси ординат (оси  $Y$ ) отложено значение контраста (1 – 100%, 0,5 – 50%, 0,3 – 30%), а по оси абсцисс (оси  $X$ ) отложена частота следования линий в так называемых «циклах на пиксель». За один цикл принимается пара «черная линия – белая линия». Таким образом, «предельный случай в 1080 ТВЛ (телевизионная линия)», когда одна линия приходится на один пиксель, соответствует 0,5 цикла на пиксел. Отсюда можно получить выражение для перевода числа «циклов на пиксел» в ТВЛ.

$$\text{ТВЛ} = (\text{CPR}/0,5) \times 1080 \text{ (предельное разрешение в ТВЛ)}.$$

Здесь CPR – число «циклов на пиксель» на уровне 0,5 [2].

С использованием программы Imatest была разработана методика измерения разрешающей способности камеры EVIDENCE Apix-Bullet / M2 Lite LED 3312 (мегапиксельная IP-видеокамера с ИК-подсветкой, предназначенная для использования на улице) по таблице стандарта ISO 12233 (рис. 1).

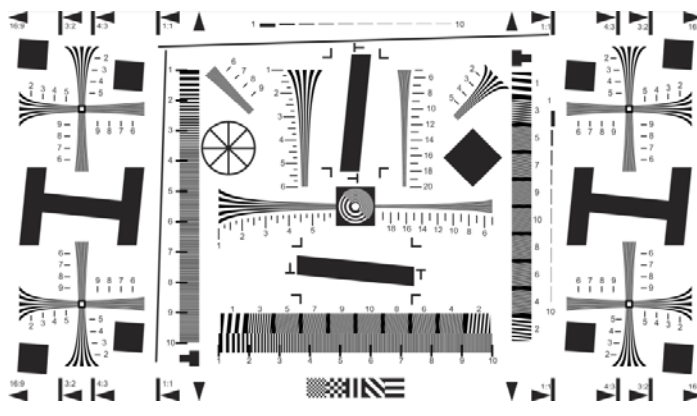


Рис. 1. Испытательная таблица стандарта ISO12233 для измерения разрешающей способности и четкости телевизионного изображения

В ходе эксперимента с камеры высокой четкости было отснято два изображения: в фокусе и искусственно расфокусированное (рис. 2).

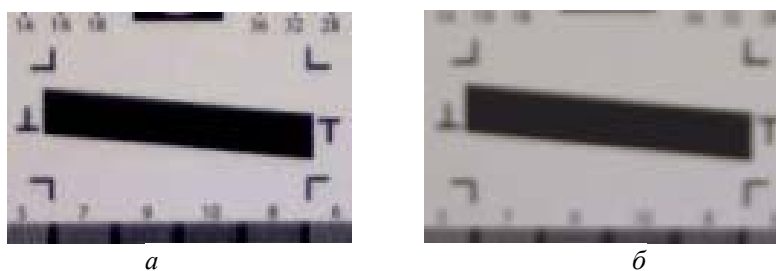


Рис. 2. Исходные изображения: *a* – изображение в фокусе; *б* – расфокусированное изображение

На рис. 3 приведены графики КЧХ исходных изображений.

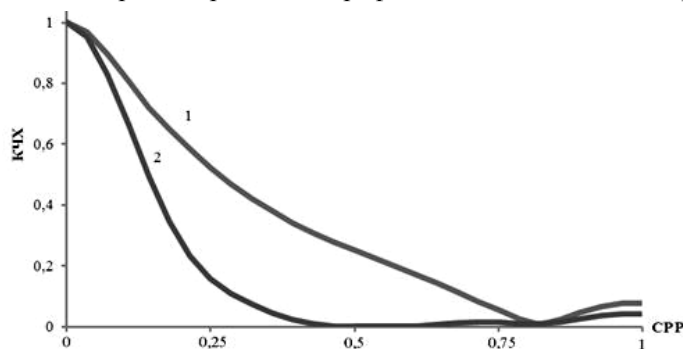


Рис. 3. КЧХ исходных изображений:  
1 – изображение в фокусе;  
2 – расфокусированное изображение

В дальнейшем исходные изображения обрабатывались гомоморфным фильтром.

Гомоморфная фильтрация – это обобщенная технология для цифровой обработки изображений. Принцип работы данного метода фильтрации заключается в нормализации яркости изображения и увеличении его контрастности. Яркость изображения можно считать низкочастотной составляющей, так как освещенность меняется в пространстве достаточно медленно, а само изображение можно считать более высокочастотным сигналом [3].

Использование гомоморфного фильтра представляет возможность в значительной степени контролировать каждую из обозначенных составляющих. Для этого требуется задать передаточную функцию ( $H(u, v)$ ) так, чтобы фильтр поразному воздействовал на низкочастотные и высокочастотные составляющие Фурье-преобразования. В случае, если параметры  $\gamma_L$  и  $\gamma_H$  выбрать так, что  $\gamma_L < 1$  и  $\gamma_H > 1$ , то фильтр будет ослаблять вклад, вносимый нижними частотами (освещенность), и усиливать вклад, вносимый верхними частотами (коэффициентом отражения).

Можно использовать любые из основных видов высокочастотных фильтров, например, использование модифицированного гауссова высокочастотного фильтра [4]

$$H(u,v) = (\gamma_H - \gamma_L) \left[ 1 - e^{-c \left( \frac{D^2(u,v)}{D_0^2} \right)} \right] + \gamma_L, \quad (1)$$

$$D^2(u,v) = \left(u - \frac{M}{2}\right)^2 + (v - N)^2, \quad (2)$$

где  $D^2(u,v)$  задается формулой (2);  $c$  – константа, контролирующая крутизну передаточной функции фильтра в переходной области между  $\gamma_L$  и  $\gamma_H$ ;  $\gamma_L$  – освещенность;  $\gamma_H$  – коэффициент отражения;  $M \times N$  – размеры изображения;  $D_0$  – процент прохождения энергии изображения.

После обработки изображения экспериментально были получены итоговые оптимальные коэффициенты:  $D_0 = 0,05$ ,  $c = 3$ ,  $\gamma_L = 0,1$  и  $\gamma_H = 5$  по визуальной оценке качества изображения и контрастно-частотным характеристикам, результаты обработки исходных изображений представлены на рис. 4.

После обработки изображения в фокусе значение ТВЛ увеличилось с 410 до 1706, а значение ТВЛ расфокусированного изображения – с 306 до 844.

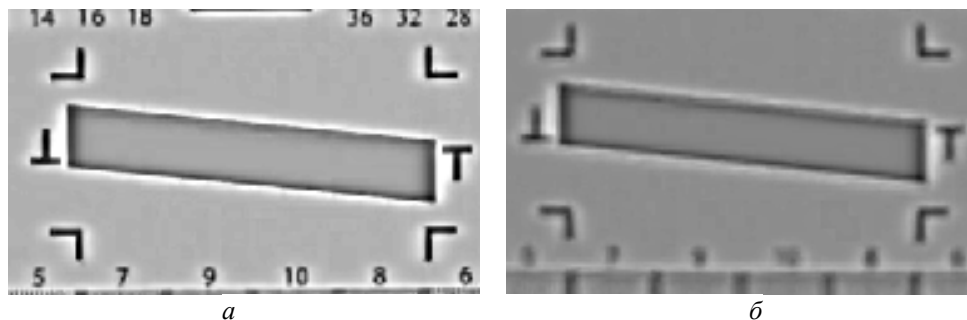


Рис. 4. Обработанные изображения: *а* – изображение в фокусе; *б* – расфокусированное изображение

#### Литература

1. Каменский А.В. Измерение разрешающей способности в телевизионных изображениях с использованием программных средств / А.В. Каменский, М.Ю. Маланин // Научная сессия ТУСУР–2014: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 14–16 мая 2014 г. Томск: В-Спектр, 2014: в 5 ч. Ч. 1. С. 79–81.
2. Imatest Documentation by Norman Koren [Электронный ресурс]. URL: <http://www.imatest.com/docs/> (дата обращения: 29.01.2015).
3. Подгородецкий А.В. Методы нелинейной фильтрации телевизионных изображений // Научная сессия ТУСУР–2014: Матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 14–16 мая 2014 г.: в 5 ч. Томск: В-Спектр, 2014. Ч. 1. С. 89–92.
4. Гонсалес Р., Вудс В. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
5. Каменский А.В., Маланин М.Ю., Курячий М.И. Лабораторный практикум по дисциплинам «Измерительное телевидение» и «Телевизионные измерения». Работа № 2 «Измерение разрешающей способности и четкости телевизионного изображения». 2014. 36 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://tu.tusur.ru/category?id=13> (дата обращения: 25.05.2015).

Описаны основные возможности видеокамер со встроенной видеоаналитикой, а также перечислены технические характеристики камеры видеонаблюдения, по которым можно определить реальные возможности встроенной видеоаналитики.

**Ключевые слова:** встроенная видеоаналитика, технические характеристики видеокамеры, зона покрытия.

Перечислены основные характеристики камер со встроенной видеоаналитикой, а также технические характеристики камеры видеонаблюдения, по которым можно определить реальные возможности встроенной видеоаналитики.

Говоря о современных тенденциях встроенной видеоаналитики видеокамер, логично, что мы будем, в первую очередь, упоминать видеоаналитику реального времени, хотя, учитывая скорость развития систем хранения данных, не далек тот день, когда устройства камера и «видеоархив» станут единым устройством, достаточным для работы в реальных системах, с реальными требованиями служб безопасности.

Необходимо отметить, что разделение видеоаналитики на камерную и серверную хотя и является справедливым, но все же остаются достаточно условным. С точки зрения математики, а именно ее мы берем за основу основ, модели и алгоритмы, применяемые в обоих случаях, схожи. Главными в этом случае, становятся производительность, мощность несущей платформы, оптимальность применяемых алгоритмов и не в последнюю очередь гибкость предлагаемых решений. Только оптимальный набор данных параметров может гарантировать высокую достоверность результатов работы аналитики, все прекрасно понимают, что аналитика с низкой достоверностью результатов превращается в маркетинговый инструмент или просто игрушку: забавно, но в условиях реальной работы абсолютно не применимо [1].

Возвращаясь к камерам систем видеонаблюдения со встроенной видеоаналитикой, необходимо сделать несколько важных акцентов.

В первую очередь, говоря о встроенной видеоаналитике, необходимо помнить, что камера видеонаблюдения изначально обладает достаточно ограниченными ресурсами встроенного процессора, и хотя производительность процессоров постоянно увеличивается, производители видеокамер всегда остаются в жестких рамках стандартов энергопотребления оборудования. Например, новейшая камера Panasonic, обладающая возможностями встроенной аналитики, имеет энергопотребление 6 Вт, в то время как один из простейших серверных процессоров Intel «Xeon E3-1220V2» потребляет 69 Вт. Многие зададутся вопросом: как такое низкопотребляющее устройство вообще способно что-то анализировать? Ответ на данный вопрос достаточно прост: камера видеонаблюдения – это высокооптимизированное электронное устройство с оптимизированной операционной системой, предназначенное только для одной области применения – видеонаблюдение. И чем выше производительность встроенного процессора, чем выше общая оптимизация системы, тем точнее и эффективней будет работать видеоаналитика. Ярким примером являются процессоры семейства PanasonicUni-Phier, являющиеся сердцем камер наблюдения Panasonic. Данные процессоры

применяют во всех устройствах, где происходит обработка видеопотоков, и если в камерах для эфирного телевидения и кино он обрабатывает, кодирует 1,5 гигабитные потоки видеоданных, то в камерах охранного видеонаблюдения его мощность идет не только на обработку видеопотоков для нужд видеонаблюдения, но и на работу встроенной видеоаналитики [2].

Вторым важным моментом для понимания механизмов работы встроенной видеоаналитики является осознание того, что камера наблюдения обрабатывает только один видеопоток, и у нее есть прямой доступ к «сырым», некодированным видеоданным. И это ее большое преимущество перед серверными решениями, которым необходимо распаковать видеопоток, а на это тратится огромное количество процессорных ресурсов, проанализировать его, векторизовать результаты анализа, иногда произвести сравнительный и статистический поиск в базах данных. Так еще и проделать все это с несколькими видеопотоками.

Третий акцент плавно вытекает из второго. Это слабые стороны встроенной видеоаналитики. Камеры видеонаблюдения пока не обладают возможностью доступа к базам данных, например, для сравнения лиц, они не могут делать сложную векторизацию изображений. Они не могут производить сложные расчеты для анализа движения множественных объектов или «произвольных» ситуационных комбинаций, на основе которых необходимо генерировать тревожные сообщения. Именно по этой причине многие называют встроенную аналитику простой.

Отвечая на часто задаваемый вопрос: как и по каким техническим характеристикам камеры видеонаблюдения можно определить реальные возможности встроенной видеоаналитики? Отвечу, что никак. На данный момент ситуация на рынке видеонаблюдения такова, что производители не указывают реальной производительности камер, но даже если бы указывали, то как понять, на что в действительности расходуются ресурсы камеры. В данной ситуации у заказчиков и системных интеграторов остается несколько вариантов:

1. Доверять заявлениям именитых и не очень производителей оборудования и ПО.
2. Доверять независимым тестам.
3. Проводить тестирования непосредственно на объекте.

Последний вариант является самым наглядным и убедительным, но применим для сравнительно крупных объектов, так как требует большого количества человеческих и финансовых ресурсов.

Подходя к вопросам применимости аналитики в целом и интеграции встроенных и серверных решений, нужно вспомнить основные решения, встречающиеся во встроенной аналитике.

Традиционные виды встроенной камерной аналитики в той или иной степени присутствуют у всех именитых производителей камер наблюдения. Нужно отметить, что я не буду вдаваться в многочисленные технические подробности, а лишь обозначу ключевые для понимания вопроса моменты. Итак:

1. Детекция движения – применяется для обнаружения движения в кадре. Один из самых простых и старых видов аналитики в видеонаблюдении, впервые реализованный еще в аналоговых камерах. Основан в простейшем случае на анализе двух последовательных кадров.

2. Изменение сцены – нужно для обнаружения действий злоумышленников, направленных на отворачивание, закрашивание и т.д. камеры видеонаблюдения. Является следующим шагом в развитии детектора движения и требует хранения

образа исходной сцены, вычисления текущей сцены и их статистического сравнения.

3. Детекция оставленных или пропавших предметов – один из ключевых детекторов для различных силовых структур, т.к. напрямую связан с антитеррористической деятельностью. По своей сути является продолжением развития детектора изменения сцены, но в более детализованной форме. Впервые появился еще в аналоговых камерах, например Panasonic WV-CP500, идет по пути точного определения все более и более мелких предметов.

4. Автоматическое слежение за целью – применим для охраны периметров, закрытых площадей и т.д. – всех мест, где возможны одиночные вторжения. Работает на PTZ-камерах. Камера определяет движение в кадре, «фиксируется» на движущемся объекте и ведет его до тех пор, пока объект остается в кадре. Отмечу, что данная функция также была успешно реализована еще в аналоговых камерах, а сейчас, с развитием IP-технологий, камеры могут передавать объект друг другу, работая в группе. Далее будет описана группа аналитических детекторов, основанных на векторизации объектов видеопотока и отслеживании их траекторий в кадре.

5. Определение «неправильного» направления движения – видеоаналитика, позволяющая оперативно детектировать нарушителей «условного потока движения». Например, человек, идущий против основного потока людей, или машина, едущая в неверном направлении.

6. Определение вторжения, пересечения границ – применима для защиты частных территорий, железнодорожных путей, транспортной инфраструктуры – везде, где возможно движение с разных сторон от условной границы.

7. Детектор праздношатания, неадекватного поведения – определяет «неадекватное» поведение людей в некоторой области, является наиболее сложным из этой группы детекторов, так как границы «праздности» определить очень сложно. Далее будет освещен последний, но один из самых сложных и интересных видов видеоаналитики – определение лиц.

8. Определение лиц – одним своим названием описывает свое предназначение. Нужно особо указать, что в камерах реализовано именно определение, а не распознавание. Камера не может сравнивать изображение лица с базой данных, она определяет лишь факт наличия лица в кадре, его координаты, иногда может передавать «снимок» лица в стороннее ПО. Отличительной особенностью аналитики камер Panasonic является то, что камера сама определяет изображение лица, наилучшим образом пригодного для использования в системе распознавания лиц, и отправляет его в ПО в отличие от камер других производителей, которые передают данные о местоположении лица в кадре, либо все изображения, которые удалось детектировать [3].

Подчеркну, что в данной статье рассмотрены основные виды встроенной в камеры аналитики и намеренно не упоминается о всем многообразии комбинированных серверных решений, таких как распознавание цвета, пола, возраста, мест скопления, так называемых горячих и холодных зон, подсчета людей и т.д. (последние три реализованы в камерах Panasonic новейшего поколения, а также иногда встречаются у других производителей).

Отмечая тенденции развития встроенной видеоаналитики, нужно заметить, что, как и упоминалось выше, процессоры камер видеонаблюдения становятся все мощнее, производители камер открывают возможности для создания «сторонних приложений». Только представьте себе: вы можете делать отраслевые,



нишевые, аналитические решения на базе камер видеонаблюдения. Эти решения будут работать и отвечать, только вашим требованиям и в той мере, в которой нужно вам.

Уже сейчас использование функции BestShot-камер, позволяет снизить нагрузку на серверы распознавания лиц в 4–5 раз по сравнению с сугубо программным подходом. А производители камер наблюдения не стоят на месте, постоянно развивая свои продукты, внедряя все новые и новые наработки. Сейчас можно с уверенностью утверждать, что обозримое будущее за гибридными системами. Профессионалам в области систем видеонаблюдения известно, что самой точной видеоаналитикой является человеческий мозг. Пока аналитические системы не достигли такой точности распознавания и идентификации. Да, они быстрее, способны обрабатывать огромные массивы данных, но точность ниже, чем у человека. Перспективные разработки лежат в области исследования и моделирования нейронных сетей, сейчас они реализованы на программном уровне, но есть прецедент создания процессора, реализующего нейронную сеть, способную обучаться и эффективно идентифицировать сложные объекты в видеопотоке. Когда данная технология будет отработана, встроенная видеоаналитика сделает принципиальный скачок в развитии. Ну, а пока нас ждут эффективные гибридные решения [4].

### **Литература**

1. Журнал сетевых решений. Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2015/03/13045265/>, свободный (дата обращения: 07.10.2015).
2. Авторитетный гид в мире информации. Обзор IP-камер со встроенной видеоаналитикой. Режим доступа: <http://avtoritet.net/library/articles/obzor-ip-kamer-so-vstroennoy-videoanalitiko/>, свободный (дата обращения: 07.10.2015).
3. Газета «Securitynews». Режим доступа: <http://www.secnews.ru/articles/20242.htm#axzz3oErqmOhL>, свободный (дата обращения: 07.10.2015).
4. Корпоративный блог «Синезис. Видеоаналитика». Режим доступа: <http://synesis.ru/blog/article/vstroennaya-videoanalitika:-blizhajshie-perspektivy/>, свободный (дата обращения: 07.10.2015).

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУКАХ**

*Сопредседатели секции: Боровской Игорь Георгиевич, д.т.н., профессор,  
зав. каф. ЭМИС;*

*Зариковская Наталья Вячеславовна, к.ф.-м.н., доцент каф. ЭМИС*

УДК 519.677

**АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ  
ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИЮ ТВЕРДЫХ ТЕЛ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «DEFLAB»**

*В.С. Зувев, Д.А. Ортеней, Н.А. Трёмбовецкий, Н.В. Зариковская*

Произведен анализ экспериментальных данных по исследованию пластической деформации и разрушению твердых тел с использованием разработанного программного комплекса «DefLab». В основе методов обработки лежит использование кубической сплайн-интерполяции, полинома Ньютона и решение СЛАУ методом Гаусса. Полученные в результате обработки данные хорошо согласовываются с ранее установленными и представленными в литературе [1].

**Ключевые слова:** сплайн, интерполяция, анализ экспериментальных данных, разрушение твердых тел, программный комплекс, метод Гаусса.

Обработка экспериментальных данных является достаточно трудоемким процессом. Получение точных или наглядных результатов требует повышенной сложности расчетов, внимания и времени. В связи с этим в последнее время стали разрабатываться специализированные программные комплексы по обработке экспериментальных данных. Однако, учитывая узкую направленность и специфичность фундаментальных исследований, программные комплексы решают лишь ограниченный круг задач в своей области. Одним из таких фундаментальных направлений является исследование пластической деформации и разрушения твердых тел.

Для обработки данных о деформации и разрушении твердых тел был разработан программный комплекс «DefLab». Дальнейшее описание обработки и результатов будет основываться на использовании данного программного комплекса (ПК).

При разработке данного ПК, а также учитывая особенности предметной области, для повышения качества результатов анализа данных были использованы численные методы и методы статистического анализа данных. В частности, для интерполяции экспериментальных данных при построении кривой напряжение–деформация (деформационной кривой) был выбран метод кубической сплайн-интерполяции как один из самых точных и наиболее распространенных [2]; при определении границ участков кривой с линейным законом деформационного упрочнения используется двухстадийный статистический поиск.

Использование приведенных численных методов и методик позволяет получать результаты, хорошо согласующиеся с данными, представленными в литературе.

**Анализ зависимости напряжения от деформации.** Наибольший интерес при анализе зависимости напряжение–деформация представляют границы стадий деформационной кривой и коэффициент параболичности на этих стадиях.

Анализ данных позволяет получить информацию о границах стадии деформационной кривой и значениях коэффициента параболичности ( $n$ ), в зависимости от значения которого выделяют 3 области [3]:

- $n \approx 1$  соответствует линейной стадии деформации;
- $n \approx 0,5$  соответствует параболической стадии;
- $n \ll 0,5$  наступает стадия предразрушения.

Таким образом, ручной анализ достаточно трудоемок и требователен к времени и опыту экспериментатора, так как от этого зависит точность и достоверность полученных результатов.

Для анализа зависимости напряжения деформации в разработанном программном комплексе, для определения стадий деформационного упрочнения и соответствующих им коэффициентов параболичности входные данные претерпевают математические преобразования – перевод данных в так называемые «истинные» координаты  $\ln(S - S_0) = f(\ln(e))$  по следующим формулам:

$$e = \ln(1 + \varepsilon),$$

$$S = \sigma(1 + \varepsilon),$$

$$S_0 = \sigma(\varepsilon = 0,002)(1 + 0,002),$$

$$\ln(S - S_0) = \ln(k) + n \cdot \ln(e),$$

где  $\varepsilon$  – деформация образца;  $\sigma$  – напряжение в образце.

Используя статистический модуль, задавшись коэффициентом корреляции  $R = 0,98$ , реализуется «грубый» поиск промежутков линейности функции. Коэффициент корреляции показывает степень зависимости двух случайных величин, в нашем случае – переведенные в «истинные» координаты значения напряжения ( $\sigma$ ) и компонента тензора пластической дисторсии.

Для повышения точности на каждом из найденных промежутков, задавшись  $R = 0,99$ , организуется повторный поиск промежутков линейности.

Найденные участки линейности с соответствующими им коэффициентами параболичности переводятся в реальные координаты, а далее – отображаются в консоли рабочей области модуля деформационной кривой, а также наносятся на график зависимости  $\sigma = f(\varepsilon_{xx})$ . ПК позволяет произвести более детальное изучение деформационной кривой: изменить область анализа данных, увеличить или уменьшить ее, получить значение в интересующей точке.

**Построение и анализ распределения компонент тензора пластической дисторсии по образцу.** Анализ распределения компоненты тензора пластической дисторсии по образцу достаточно трудоемок и состоит из таких этапов, как интерполяция входных данных, поиск экстремумов и анализ перемещения этих экстремумов с последующим расчетом некоторых величин [4].

Во входном файле, содержащем экспериментальные данные о распределении компоненты тензора пластической дисторсии  $\varepsilon_{xx}$  по образцу, находятся три столбца с данными: первые два столбца обозначают координаты исследований, третий столбец содержит данные о значении деформации в данных координатах.

Для интерполяции данных используется кубический сплайн, функция кубического сплайна и граничные условия представлены ниже.

$$S(x) = \frac{(x-x_i)^2(2(x-x_{i-1})+h_i)}{h_i^3}y_{i-1} + \frac{(x-x_{i-1})^2(2(x-x_i)+h_i)}{h_i^3}y_i + \\ + \frac{(x-x_i)^2(x-x_{i-1})}{h_i^2}S_{i-1} + \frac{(x-x_{i-1})^2(x-x_i)}{h_i^2}S_i,$$

где  $h_i = x_i - x_{i-1}$ ;  $S_i$  – искомые коэффициенты.

Граничные условия:

$$\frac{-4S_0}{h_1} - \frac{2S_1}{h_1} + 6\frac{y_1 - y_0}{h_1^2} = 0, \\ \frac{2S_{n-1}}{h_n} + \frac{4S_n}{h_n} - 6\frac{y_n - y_{n-1}}{h_n^2} = 0.$$

Формула нахождения коэффициентов:

$$\frac{S_{i-1}}{h_i} + \frac{2S_i}{h_i} + \frac{2S_i}{h_i} + \frac{S_{i+1}}{h_{i+1}} = 3\left(\frac{y_i - y_{i-1}}{h_i^2} + \frac{y_{i+1} - y_i}{h_{i+1}^2}\right).$$

В результате интерполяции для каждого момента времени и продольного среза образца строятся зависимости распределения компоненты тензора пластической дисторсии по образцу. На данных распределениях в автоматическом режиме отмечаются найденные локальные максимумы деформации.

Ввиду особенности входных данных, а именно малого количества точек и построенного кубического сплайна на этих данных, для поиска локальных максимумов используется перебор всех возможных точек и выбор тех, которые удовлетворяют заданному условию:

$$f(x_{i-1}) < f(x) < f(x_{i+1}).$$

По данным о местоположении локальных максимумов компоненты тензора пластической дисторсии строится картина кинетики, представляющая собой зависимость изменения местоположения локальных максимумов от времени или степени деформации образца.

По данной зависимости, с помощью имеющихся инструментов, исследователи могут осуществить поиск периода ( $\lambda$ ) и скорость распространения деформации. Определение проводится следующим образом: пользователь группирует максимумы в один движущийся фронт (линию), по углу наклона которого определяется скорость движения фронта.

При определении периода рассматриваются координаты максимумов, попадающих в исследуемую область, выделенную пользователем, затем используется следующая формула:

$$||x_{ij} - x_{ij+1}||,$$

где  $i$  – номер момента времени в исследуемом промежутке;  $j$  – номер максимума в  $i$ -й момент времени.

Так как исследуемые данные представляют собой зависимость распределения компоненты тензора пластической дисторсии по образцу от времени, ПК позволяет построить трехмерное изображение тензора пластической дисторсии по поверхности образца, являющееся наглядной демонстрацией процессов, происходящих в образце, с течением времени.

По построенной поверхности возможно определение периода макролокализации деформации в автоматическом режиме, а благодаря плавной анимации перехода к следующему файлу наблюдать движение фронтов.

**Анализ микрофотографий поверхности поликристаллического материала.** При работе с микрофотографиями поверхности поликристаллического материала основными задачами являются определение границ зёрен исследуемого материала, а также расчет размера этих зерен [5].

При нахождении размера зерна наиболее широко используемым и общепринятым методом является метод секущих. Однако при малом количестве зерен на фотографии (менее десяти) использование данного метода является недостаточно корректным. В связи с этим был разработан метод описывающего прямоугольника.

Метод секущих представляет собой способ определения среднего размера зерна. На исследуемую область наносят группы параллельных секущих под разными углами с шагом  $2^\circ$ , замеряют величины хорд, образовавшихся в результате пересечения границ зерен в области изображения секущими. По полученной средней длине хорд судят о величине зерна.

Метод наименьшего описывающего прямоугольника заключается в определении размера зерна по наименьшему прямоугольнику, описывающему исследованное зерно. Нахождение наименьшего по площади прямоугольника происходит за счёт поворота его вокруг центра зерна с шагом поворота  $10^\circ$ .

Следует отметить, что метод наименьшего описывающего прямоугольника позволяет получить значения размера для любого зерна и фотографии вне зависимости от плотности заполнения и формы зерен.

Данные методы хорошо согласуются при большом количестве зерен, однако когда количество зерен мало, результаты, полученные этими методами, разнятся.

Для каждого метода подсчитывается своя дисперсия, мера разброса размера зерна поликристаллического материала. Она отображается под каждым средним размером обоих методов определения размеров зерен.

Формула дисперсии для метода секущих

$$D[X] = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}.$$

Формула дисперсии для метода наименьшего описывающего прямоугольника:

$$D[X] = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2}{n}}{n-1}.$$

Таким образом, анализ микрофотографий может быть произведен с помощью двух различных методик, а также позволяет рассчитывать дисперсию размера зерна, что облегчает и повышает точность и скорость обработки микрофотографий.

**Заключение.** Разработанный программный комплекс «DefLab», опирающийся на различные численные методы, а именно метод кубической сплайн-интерполяции, статистический анализ и др., в ходе анализа экспериментальных данных показал высокую точность и достоверность результатов полученных данных, малое время обработки и удобство при использовании. Следующим этапом планируется внедрение статистической обработки данных, для возможности

оценки корректности получаемых данных без использованная стороннего программного обеспечения.

#### **Литература**

1. Зуев Л.Б., Данилов В.И., Баранникова С.А. Физика макролокализации пластического течения. Новосибирск: Наука, 2008. 327 с.
2. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ. 2-е изд. М.: Вильямс, 2005. 1296 с.
3. Трефилов В.И., Моисеев В.Ф., Печковский Э.П. Деформационное упрочнение и разрушение поликристаллических металлов. Киев: Наукова думка, 1986. 248 с.
4. Панин В.Е. Структурные уровни пластической деформации и разрушения / В.Е. Панин, Ю.И. Гриняев, В.И. Данилов и др. Новосибирск: Наука, 1990. 225 с.
5. Рыбин В.В. Большие пластические деформации и разрушение металлов. М.: Металлургия, 1986. 224 с.

УДК 519.612

#### **ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ SEM-ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ НА ОСНОВЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КЕРАМИКИ И ЕГО ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ**

*И.Д. Зырин, В.М. Карабан*

Предложены численный метод цифровой обработки SEM-изображений и его программная реализация. Метод основан на анализе в скользящем окне с применением рекурсивного алгоритма определения области неоднородности на поверхности SEM-изображения низкотемпературной керамики.

**Ключевые слова:** SEM-изображения, рекурсивный алгоритм, геометрическая неоднородность.

**Актуальность.** Распространённый метод учёта геометрической неоднородности поверхности линий передач на ранних этапах создания радиоэлектронных устройств и систем различного назначения [1, 2] заключается в использовании математических моделей поправочного коэффициента (модели Хурая, Хаммерстада, Холла) в виде функции, описывающей форму скин-слоя. Однако подобные модели зачастую разработаны под конкретную технологию изготовления (печатные платы на основе стеклотекстолита либо ламинатов) и не всегда адекватно отражают реальную форму неоднородности поверхности при её смене, вследствие чего имеют большую погрешность расчёта.

Проведённые авторами экспериментальные исследования неоднородности поверхности отечественных образцов сверхвысокочастотных (СВЧ) многослойных интегральных схем (МИС) на основе низкотемпературной керамики (НТК) методом сканирующей электронной микроскопии (далее – SEM от англ. Scanning Electron Microscope) показали наличие неоднородности отличной от неоднородности поверхности печатных плат, рассмотренных ранее (рис. 1) [3, 4]. По полу-

ченным результатам можно утверждать, что имеющиеся математические модели не позволяют описать неоднородность поверхности СВЧ МИС НТК.

**Цель работы:** разработка адекватного численного метода, основанного на цифровой обработке микроизображений поверхности линий передач СВЧ МИС НТК.

Задача состоит в разработке численного метода, позволяющего проводить анализ поверхности проводника линии передачи на основе его SEM-изображения, и определения области неоднородности на проводнике в виде маски.

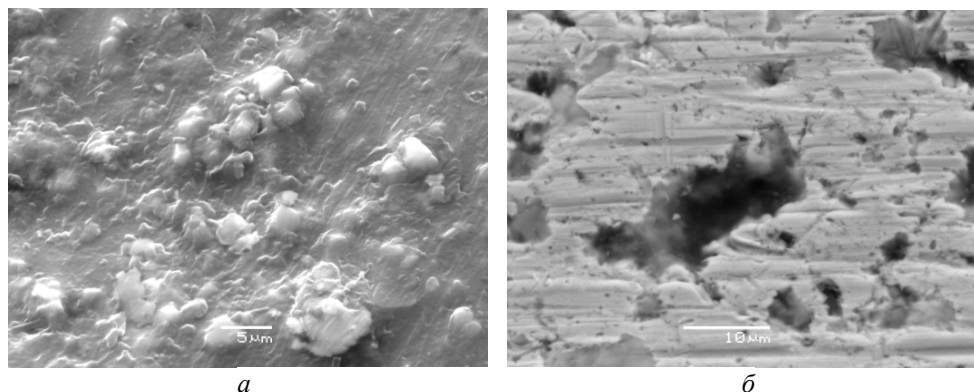


Рис. 1. SEM-изображения поверхности керамики DuPont Green Tape 951 (увеличение в 2700 раз) – *а* и поверхности проводника из серебряной пасты 6148 Ag (увеличение в 2300 раз) (*б*)

**Описание метода цифровой обработки SEM-изображений поверхности.** Существующие методы, а именно методы с использованием гистограмм; разрастания областей; водораздела; сегментации с помощью модели; разрезания графа и выделения границ, не подходят для цифровой обработки SEM-изображений геометрической неоднородностей поверхности СВЧ МИС даже с учётом того, что они являются яркими и контрастными.

В основе этих методов базируется выбор «семян» – точек в областях, в которых требуется провести определение неоднородности. Из этих «семян» будет начинаться разрастание области по методу соседства по кресту, но задавать координаты «семян» нужно вручную. Также данные методы не исключают ошибок, связанных с человеческим фактором, что недопустимо. Поскольку в SEM-изображениях областей неоднородности может быть очень много, то необходимо автоматизировать выделение областей на изображении. Для этого воспользуемся методом обработки SEM-изображений в скользящем окне.

В связи с вышесказанным численный метод определения областей геометрической неоднородности поверхности линий передач будет начинаться с того, что на исходном микроизображении, ограниченном областью неоднородности выбранной пользователем, окно обработки построчно пиксель за пикселем принимает всевозможные положения на плоскости изображения, и в каждом положении по значениям лежащим в нём выходных отчётов рассчитывается значение одного отсчёта получаемого файла маски неоднородности.

Таким образом, пространственно-инвариантная обработка может быть записана следующим соотношением:

$$g(n_1, n_2) = G[\{f(n_1 - m_1, n_2 - m_2)\}, (m_1, m_2) \in D], \quad (1)$$

где  $f(n_1, n_2)$ ,  $g(n_1, n_2)$  – двумерные последовательности отсчётов входного и выходного изображения соответственно;  $G$  – оператор преобразования;  $D$  – конечное множество отсчётов, заданное относительно начала координат и определяющее форму и размеры окна обработки.

В нашем случае для переноса области с микроизображения в маску преимущество имеют рекурсивные алгоритмы. Вычислительная сложность рекурсивных алгоритмов не зависит от размеров окна обработки  $D$ , а определяется только сложностью рекурсий. При этом  $D$  ограничивается прямоугольной областью:

$$D: -M_1^- \leq m_1 \leq M_1^+; -M_2^- \leq m_2 \leq M_2^+, \quad (2)$$

где  $M_1^-$ ,  $M_1^+$ ;  $-M_2^-$ ,  $M_2^+$  – параметры, указывающие границы окна по следующим координатам ( $M_1^- + M_1^+ \geq 0$ ;  $M_2^- + M_2^+ \geq 0$ ). При этом используется прямоугольное окно, симметричное относительно центрального пикселя:

$$D: -M_1 \leq m_1 \leq M_1; -M_2 \leq m_2 \leq M_2. \quad (3)$$

Определение принадлежности соседних пикселей внутри области будет определяться следующим образом:

$$P_0 - T \leq P_n \leq P_0 + T, \quad (4)$$

где  $P_0$  – пиксель, указанный пользователем как пиксель неоднородности;  $P_n$  – анализируемый пиксель;  $T$  – порог отклонения от указанного пикселя неоднородности.

Поскольку каждый пиксель изображения состоит из трёх цветов – R, G, B, то и проверка принадлежности пикселя к неоднородности проводится для каждого цвета отдельно, и только в случае, если все три цвета удовлетворяют условию, пиксель считается пикселем неоднородности.

**Программная реализация численного метода цифровой обработки SEM-изображений поверхности.** Рассмотренный ранее численный метод определения геометрической неоднородности поверхности СВЧ МИС НТК на основе цифровой обработки SEM-изображений программно реализован на языке программирования Visual C# с применением программного интерфейса типа Windows Forms Application в среде разработки Microsoft Visual Studio 2012.

Для обработки SEM-изображения неоднородности поверхности имеются следующие основные обработчики: установка коэффициента неоднородности, от которого зависят количество и размер областей неоднородности на маске неоднородности; кнопка указания самой глубокой впадины; калибровочная линейка; кнопка определения области неоднородности для анализа и кнопки для работы с маской неоднородности.

Функция вычисления маски работает в двух случаях по-разному: когда определен цвет самой глубокой впадины (рис. 2) и когда не определен.

Результатом работы программы является эквивалентная электрическая RLCG-схема линии передачи СВЧ МИС НТК, записанная в формате SPICE для последующего проведения расчёта параметров сигнала во временной и частотной областях с учётом паразитных эффектов геометрической неоднородности поверхности [5, 6].



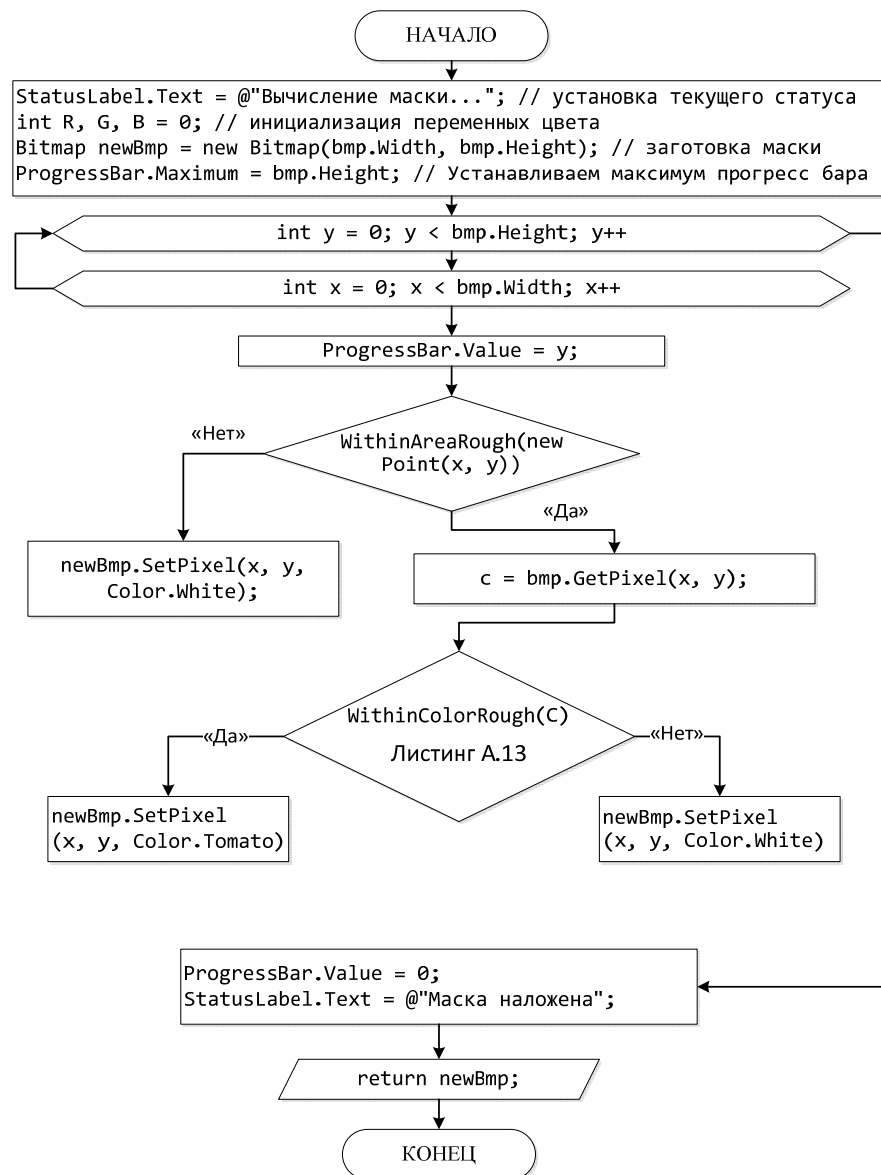


Рис. 2. Блок-схема вычисления маски, если определен цвет

### Литература

1. Zyryin I.D., Karaban V.M. Development of microwave power divider for radio module based on low-temperature cofired ceramics // 24-th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo-2014). 2014. P. 582–583.
2. Zyryin I.D., Karaban V.M. Development of microwave filters for radio modules based on low-temperature cofired ceramics // 24-th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo-2014). 2014. P. 586–587.
3. Zyryin I.D., Karaban V.M., Syncov S.B. Review of capabilities of mathematical models for surface roughness of the low-temperature ceramic circuit boards // 23-rd

International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo–2013). 2013. P. 181–182.

4. Зырин И.Д., Карабан В.М. Влияние шероховатости поверхности керамики марки GREEN TAPE 951 и серебряной пасты 6148 фирмы DU PONT на параметры сигнала микрополосковой линии передачи // Докл. XII Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и современные информационные технологии». Томск, 2014. Т. 1. С. 246–247.

5. Karaban V.M., Zyrin I.D. The multilayer integrated circuit of bandpass filter design based-on macromodels and equivalent circuits for RLC-elements // 24-th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo–2014). 2014. P. 127–128.

6. Karaban V.M., Zyrin I.D. Synthesis of equivalent circuits for embedded RLC-components based-on LTCC // 24-th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo–2014). 2014. P. 655–656.

УДК 539.22

## **ПЕРВОПРИНЦИПНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ НОВЫХ ДВУМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ: СПИН-ГЕЛИКОИДАЛЬНЫЕ ДИРАКОВСКИЕ СОСТОЯНИЯ В ГРАФЕНЕ**

*С.В. Еремеев*

Методами компьютерного моделирования на основе первопринципных расчетов предложен способ получения спин-геликоидальных дираковских состояний, реализующихся за счет взаимодействия состояний графена и поверхностных состояний BiTeCl, обладающих гигантским рашбовским спиновым расщеплением. Ожидается, что данные результаты будут стимулировать быстрый рост теоретических и экспериментальных исследований спин-геликоидальных дираковских состояний графена, которые могут революционизировать графеновую спинтронику и стать надежной базой для перспективных приложений.

**Ключевые слова:** спинтроника, спиновый эффект, дираковские состояния, графен, спин-орбитальное взаимодействие, топологические изоляторы.

Спинтроника направлена на эффективное управление и манипулирование спиновыми степенями свободы в электронных системах. Исследования электронных систем, обладающих электронными состояниями с гигантским спин-орбитальным расщеплением, стали одним из наиболее важных направлений, обеспечивающих базу для спинтронных устройств. Многие интересные явления, такие как квантовый спиновый эффект Холла [1], квантовый аномальный эффект Холла [2] и др. были предсказаны в графене. Тем не менее собственное спин-орбитальное расщепление в графене слишком слабо для получения наблюдаемого эффекта и для реализации практических приложений. Снятие спинового вырождения можно достичь за счет внешнего спин-орбитального взаимодействия (СОВ). Многочисленные предыдущие работы, как экспериментальные и теоретические, были направлены на повышение СОВ графена посредством адсорбатов или роста графена на металлических подложках.

Иной способ снятия спинового вырождения в графене предложен в работе [3]. Теоретически продемонстрировано, что в системе графен@BiTeCl, где в ре-

зультате свертки зоны Бриллюэна К-конусы Дирака оказываются в точке Г в виде четырехкратно вырожденных состояний, взаимодействие двух 2D-электронных систем приводит к сильной модификации спектров по сравнению с составляющими подсистемами. В верхней и нижней частях объемной щели подложки локализуются гибридизированные состояния, тогда как в средней части, в интервале энергий  $\sim 70$  мэВ, выживают две почти вырожденные дираковские зоны. Две негибридизованные дираковские зоны характеризуются спиновой структурой с одинаковой геликоидальностью, и, таким образом, гибридизация между графеном и 2D-рашбовскими электронами подложки обеспечивает спиновую сепарацию графеновых дираковских состояний.

В контексте спинтронных приложений графен@BiTeCl может занять место топологических изоляторов (ТИ) для транспорта спин-поляризованных электронов. В обоих случаях (графен@BiTeCl и ТИ, типа Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>) имеются 2D-состояния, лежащие в объемной запрещенной зоне и защищенные от обратного рассеяния геликоидальной спиновой поляризацией. Однако графен@BiTeCl имеет немало преимуществ по сравнению с ТИ: значительно более высокая скорость Ферми, большее число носителей спина, более сильная локализация состояний и существенно более слабое диэлектрическое экранирование.

Расчеты электронной структуры были проведены в рамках формализма теории функционала плотности, реализованного в программном коде VASP. Взаимодействие между ионными остовами и валентными электронами описывалось методом проекционных присоединенных волн. Для описания обменно-корреляционной энергии использовалось обобщенное градиентное приближение.

#### Литература

1. Kane C.L., Mele E.J. Phys. Rev. Lett. 2005. Vol. 95. 226801.
2. Qiao Z. et al. Phys. Rev. B. 2010. Vol. 82. 161414.
3. Eremin S.V. et al. Scientific Reports. 2014. Vol. 4. 6900.

УДК 004.942

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УБОРКИ И ВЫВОЗА СНЕГА

*Т.Е. Григорьева, Е.В. Истигечева*

Приведен пример аналитического расчёта процесса уборки и вывоза снега на участке г. Томска, а также разработана модель, состоящая из одного грейдера, погрузчика и 6 самосвалов, что является оптимальным выбором, при котором наблюдается минимальный простой техники и персонала.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, аналитическая модель, уборка и вывоз снега.

На протяжении нескольких последних лет власти всех уровней ставят в приоритет работу по развитию сферы ЖКХ, в которую в том числе входит обслуживание автодорог.

Город Томск имеет печальный опыт последних зим, когда в результате некачественной работы службы уборки влияние погоды на себе почувствовали автомобилисты, пользователи общественного транспорта, экстренные службы и др.

Целью моделирования является, используя сети Петри, разработать модель оптимальной схемы работы системы, состоящей из одного грейдера, одного погрузчика и конечного числа самосвалов. Показатели качества системы – минимальное количество самосвалов, необходимое для работы, и общее время работы системы. Проведем моделирование с помощью аналитической модели. Аналитическая модель видит процессы, протекающие в системе, как совокупность функциональных и логических выражений, а значит, для моделирования требуется выяснить параметры системы [1].

**Список параметров.** Сформируем *список параметров* каждого этапа, составляющего процесс уборки снега в городе. Отметим, что характеристики машин и процессов не ограничиваются нижеизложенными списками, однако в рамках разрабатываемой модели учитываются не все из них.

Моделирование этапа расчистки пространства требует знания характеристик, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Параметры моделирования (грейдер)		
Параметр	Единица измерения	Обозначение
Длина дороги	м	$L$
Площадь дороги	$\text{м}^2$	$S$
Уровень осадков	м	$h$
Коэффициент уплотнения		$\gamma$
Скорость грейдера	м/ч	$u_{\text{гр}}$

Длина дороги  $L$  и средняя скорость грейдера  $u_{\text{гр}}$  позволят моделировать движение по улицам города. Стоит указать, что в качестве скорости берется та, которая соответствует скорости потока в определенном месте города в определенное время суток. Причем она не может превышать 60 км/ч.

Площадь дороги  $S$  и уровень осадков  $h$  – параметры, в своём произведении дающие объём свежеснежавшего снега. При отсутствии информации о площади дороги её ширину можно найти как умножение количества полос движения на стандартную ширину полосы.

Заметим, что достаточный для начала уборочных работ уровень осадков – 5 см. Механизированное подметание проезжей части начинается при высоте рыхлой снежной массы на дорожном полотне 2,5–3,0 см, что соответствует 5 см свежеснежавшего неуплотненного снега. При длительном снегопаде циклы механизированного подметания проезжей части осуществляются после каждых 5 см свежеснежавшего снега.

Коэффициент уплотнения снега  $\gamma$  делает поправку объёма с учётом естественного слеживания снега, повышения его плотности механическим воздействием в процессе загрузки.

**Этап погрузки.** В табл. 2 приведены параметры, подключающиеся к работе на данном этапе.

Таблица 2

Параметры моделирования (погрузчик)		
Параметр	Единица измерения	Обозначение
Скорость движения погрузчика	м/ч	$u_{\text{погр}}$
Скорость загрузки	$\text{м}^3/\text{ч}$	$u_{\text{загр}}$
Объём самосвала	$\text{м}^3$	$V$

Скорость движения погрузчика  $u_{\text{погр}}$  может использоваться в расчетах времени работы машины при условии, что загрузка в этот момент не производится.

Скорость загрузки  $u_{\text{загр}}$  и объём самосвала  $V$  – непосредственно те параметры, что в связи с общим объёмом снега позволят вычислить количество загрузок самосвала, необходимых для полного вывоза груза.

Наконец, **этап вывоза снега самосвалами** вносит параметры модели, показанные в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Параметры моделирования (самосвал)

Параметр	Единица измерения	Обозначение
Расстояние до полигона	м	$p$
Скорость движения самосвала	м/ч	$u_c$
Время на разгрузку	ч	$t_{\text{разг}}$

Расстояние до места складирования снега (полигона)  $p$  и скорость движения самосвала  $u_c$  позволят вычислить время, которое потребуется машине на движение до места выгрузки и назад.

Время на разгрузку  $t_{\text{разг}}$  – это задержка машины на въезд в полигон, парковку и саму разгрузку.

Теперь обозначим производные величины, которые также окажут помощь в моделировании, и определим функциональные зависимости (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Производные величины

Величина	Единица измерения	Обозначение
Количество загрузок	шт.	$n$
Время прохода участка дороги	ч	$t_y$
Время поездки до полигона и назад	ч	$t_{\text{пол}}$
Количество самосвалов	шт.	$C$
Общее время работы	ч	$t$

Количество элементарных загрузок  $n$  – число самосвалов определенного объёма, которые способны вместить весь снег с улицы (1):

$$n = \frac{S \cdot h}{V \cdot \gamma}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество элементарных загрузок, шт.;  $S$  – площадь дорожного полотна,  $\text{м}^2$ ;  $h$  – уровень осадков, м;  $V$  – объём самосвалов,  $\text{м}^3$ ;  $\gamma$  – коэффициент уплотнения снега.

Время прохода участка дороги  $t_y$  – время, которое потребуется погрузчику, чтобы загрузить один самосвал (2):

$$t_y = \frac{S \cdot h}{\gamma \cdot n \cdot v_{\text{разг}}} = \frac{V}{v_3}, \quad (2)$$

где  $t_y$  – время прохода погрузчиком элементарного участка, ч;  $v_3$  – скорость загрузки,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Время поездки до полигона и назад  $t_{\text{пол}}$  – время, в сумме затраченное на путь до полигона, разгрузку и возвращение (3):

$$t_{\text{пол}} = \frac{2 \cdot p}{v_c} + t_{\text{разг}}, \quad (3)$$

где  $t_{\text{пол}}$  – время поездки самосвала до полигона и обратно, ч;  $p$  – расстояние до полигона, м;  $v_c$  – скорость самосвала, м/ч;  $t_{\text{разг}}$  – задержка на разгрузку на полигоне, ч.

Количество самосвалов  $C$  – это непосредственное число машин, которое необходимо для работы (4). Этот показатель отличается от количества загрузок:

$$C = \min(r, n), \quad (4)$$

где  $C$  – число самосвалов, шт.;

$$r = \frac{t_{\text{пол}}}{t_{\text{пр}}} + 1, \quad (5)$$

$r$  – количество самосвалов, необходимое для безостановочной работы (5).

Другими словами, показатель  $r$  – это количество машин, которые работают за то время, что первый самосвал совершает поездку на полигон и обратно. Могут быть такие параметры системы, когда загрузка всего объема снега произойдет быстрее, чем первый самосвал успеет вернуться (а то и доехать до полигона). Поэтому за количество самосвалов  $C$  принимаем минимальное из двух значений: показатель  $r$  и количество элементарных загрузок  $n$ .

Общее время работы  $t$  складывается из времени работы грейдера и погрузчика, а также времени транспортировки последней партии снега на полигон (6). Предыдущие были отправлены ещё во время работы погрузчика и вне всяких сомнений завершатся раньше последней машины:

$$t = \frac{L}{u_{\text{гр}}} + \frac{S \cdot h}{\gamma \cdot v_{\text{разг}}} + \frac{2p}{u_c}, \quad (6)$$

где  $t$  – общее время работы.

На основе этих данных формируем документ Excel таким образом, чтобы можно было ввести параметры системы и отследить мгновенное изменение выходных значений.

**Пример аналитического расчёта процесса уборки и вывоза снега на участке г. Томска.** Для примера расчёта решено взять небольшую улицу Кировского района г. Томска – ул. Кузнецова.

Благодаря созданному шаблонному документу Excel, расчёт модели состоит лишь в том, чтобы заполнить входные значения.

В г. Томске содержанием улично-дорожной сети занимается предприятие УМП «Спецавтохозяйство г. Томска». Обратимся к его сайту [2], где в свободном доступе выложен документ «Перечень автомобильных дорог общего пользования местного значения муниципального образования «Город Томск». Данные о длине и площади интересующей нас улицы Кузнецова берём из этого документа.

Средние скорости техники есть возможность определить с помощью веб-сервиса «Яндекс-пробки». Сервис позволяет посмотреть историю дорожной ситуации за день и определить, в какое время лучше заниматься снегоуборочной работой.

Снежный полигон для городских нужд в г. Томске расположен в с. Хромовка. Приблизительное расстояние до него есть возможность измерить по карте.

Скорость загрузки снега погрузчиком и объём самосвала берём из технических паспортов техники.

Уровень осадков примем 10 см.

Результаты моделирования представлены в табл. 5.

Таблица 5

## Аналитическая модель уборки и вывоза снега

1	Параметр			Значение		
2	Длина дороги	560	м	Количество загрузок	6	шт
3	Площадь дороги	3460	м <sup>2</sup>	Время прохода участка дороги	2	мин
4	Уровень осадков	0,1	м	Время поездки до полигона и назад	33,658	мин
5	Скорость грейдера	30	км/ч		18	
6	Коэффициент уплотнения	2				
7	Скорость движения погрузчика	8	км/ч			
8	Скорость загрузки	600	м <sup>3</sup> /ч			
9	Объем самосвала	20	м <sup>3</sup>			
10	Расстояние до полигона	8352	м	Количество самосвалов	6	шт
11	Скорость движения самосвала	30	км/ч	Общее время работы	51,828	мин
12	Время на разгрузку	0,25	ч			

Итак – улица Кузнецова 560 м может быть убрана за 51 минуту с использованием 6 самосвалов. Расчёты получены мгновенно. Модель позволяет изменять любые входные значения и делать выводы об изменениях выходных показателей.

**Пример имитационного моделирования процесса уборки и вывоза снега на участке г. Томска.** Для повышения эффективности уборки города от снега с помощью компьютерных моделей представляется необходимым исследование динамики уборки и вывоза снега, относящихся к классу дискретно-событийных систем. Построение модели уборки и вывоза снега в формате сетей Петри позволит исследовать динамику изменения состояний объектов, являющихся основными и вспомогательными средствами выполнения этой задачи, а также осуществлять оптимальный выбор их количества, при котором наблюдается минимальный простой техники и персонала. При этом формируемая модель может быть представлена многоуровневой моделью на 3 уровнях: объектном, логическом и визуальном [3].

В процессе моделирования уборки и вывоза снега задействована следующая специализированная техника:

- грейдер, соскребающий с дорожной поверхности максимальное количество снега на технические тротуары, обочину и отвалы;
- погрузчик, который перемещается вслед за грейдером для перегрузки набранного снега в самосвал;
- самосвал, увозящий снег на полигон.

С учетом того, что на загрузку погрузчика, перегрузку снега в самосвал и разгрузку самосвала на полигоне тратится определенное время, в среде моделирования MAPS построена компьютерная модель уборки и вывоза снега в формате сетей Петри (рис. 1).

Ее компоненты выражают следующие события: компоненты IF1, IF2, IF3 представляют собой грейдер, погрузчик и самосвал соответственно.

Под компонентом S1 в модели выражен процесс соединения грейдера и погрузчика. В данный компонент передаются по одной фишке из компонентов IF1 и IF2. Компонент O1 представляет собой непосредственный процесс уборки снега и его погрузку в погрузчик грейдером. После того как погрузчик полностью заполнен, осуществляется разъединение данных объектов с помощью компонента R1.

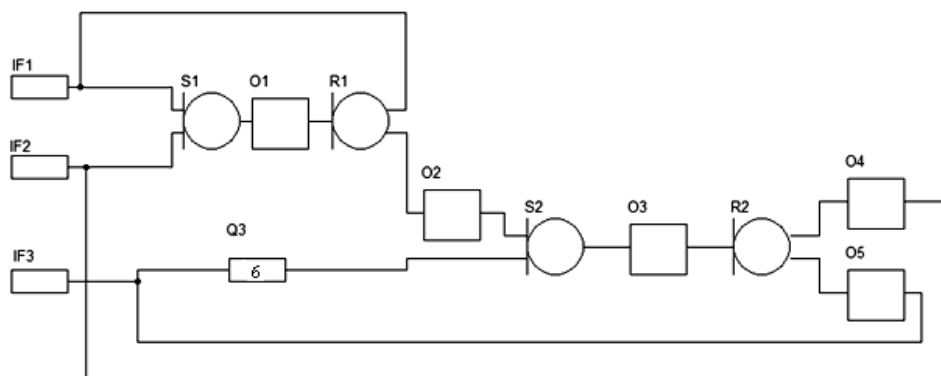


Рис. 1. Компьютерная модель уборки и вывоза снега в формате сетей Петри

Компонентом O2 выражен процесс поездки погрузчика до места перегрузки погруженного в него снега в самосвал. Их соединение для целей перегрузки отражается компонентом S2. Компонентом O3 выражен непосредственный процесс перегрузки снега с погрузчика в самосвал. При этом считается, что объемы погрузчика и самосвала одинаковые и после загрузки, самосвал, отсоединившись от погрузчика в компоненте R2, самостоятельно отправляется на полигон, разгрузку в нем и передвижение до места встречи с погрузчиком отражает компонент O5. После этого пустой самосвал попадает в очередь Q3, где ожидает встречи с заполненным погрузчиком.

Таким образом, на примере компьютерной модели уборки и вывоза снега на участке города продемонстрирован способ применения сетей Петри для анализа динамики и на рис. 2 показано, что 6 самосвалов обеспечивают минимальный простой техники и персонала.

#### Литература

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учеб. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2001. 343 с.
2. Содержание улично-дорожной сети [Электронный ресурс] // УМП Спец-АвтоХозяйство г. Томска. 2015. Режим доступа: <http://sahtomsk.ru/uslugi/soderzhanie-ulichno-dorozhnoi-seti.html> (дата обращения: 15.06.15).
3. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Зайченко Т.Н., Ганджа Т.В. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.

УДК 519.688, 519.673

#### РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

*В.С. Зув, Д.А. Ортеней, Н.А. Трембовецкий, Н.В. Зариковская*

Разработан прототип модульного программного комплекса для анализа экспериментальных данных. Основные функции разделены на три независимых блока: ввода данных, анализа данных и отображения данных. Каждый блок предоставляет набор модулей для гибкой настройки работы всего программ-



ного продукта. На текущий момент разработаны модули для работы с данными по материаловедческим исследованиям, в частности по деформации и разрушению твердых тел. Основное направление разработки заключается в увеличении количества методик анализа и обработки данных.

**Ключевые слова:** программный комплекс, материаловедческие исследования, обработка экспериментальных данных, численные методы, модульная система.

Современный уровень компьютерной техники имеет достаточно большие возможности по реализации модулей и программ, решающих не только узконаправленные задачи, но и способных расширяться под требования конечного пользователя. Поэтому в рамках данного проекта производится разработка программного обеспечения, способного предоставить пользователю возможность создания компонент ввода, анализа или обработки и вывода данных с помощью набора заранее созданных функциональных модулей.

В настоящий момент структура разрабатываемого ПО представляет 3 блока (рис. 1):

- блок ввода данных;
- блок анализа данных, включающий в себя численные методы;
- блок отчетности, который содержит различные способы визуализации полученных результатов.

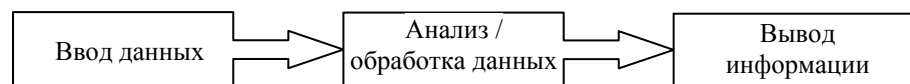


Рис. 1. Блоки разрабатываемого ПО

**Блок ввода данных.** В блок ввода данных поступают данные представленные в различных форматах (рис. 2).

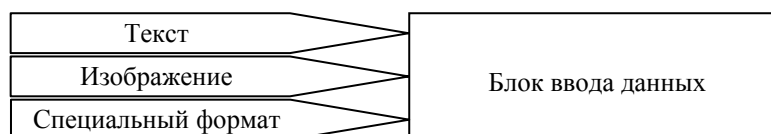


Рис. 2. Входная информация в блок ввода

$t$	$\varepsilon$	$F$	$\sigma$
0	0.000000	39.06	0.933
1	0.000132	239.26	5.716
2	0.000265	451.66	10.790
4	0.000529	666.50	15.922
5	0.000661	810.55	19.363
6	0.000794	937.50	22.396
7	0.000926	1044.92	24.962
8	0.001058	1149.90	27.470
9	0.001190	1247.56	29.803
10	0.001323	1340.33	32.019

Рис. 3. Входные данные зависимости напряжения от деформации

В настоящее время вышесказанное отработано для раздела науки материаловедения, что накладывает свою специфику на входные параметры. Например, программа может считывать:

- данные о зависимости напряжения от деформации, которые получены на жесткой испытательной машине Instron 1185 с использованием метода активного одноосного нагружения. Входной файл содержит 4 столбца данных: 1-й столбец характеризует время, прошедшее с начала опыта; 2-й столбец характеризует деформацию образца ( $\varepsilon$ );

3-й столбец характеризует силу нагрузки на образец ( $F$ ); 4-й столбец характеризует напряжение в образце ( $\sigma$ ). Пример входного файла показан на рис. 3.

– Обработанные экспериментальные данные о распределении компоненты тензора пластической дилатации  $\epsilon_{xx}$  по образцу (рис. 4).

**Блок анализа данных.** В блоке анализа/обработки данных реализованы численные методы, структура показана на рис. 5.

X	у	$\epsilon_{xx}$
3.000000	0.000000E+00	2.019295E-04
4.000000	0.000000E+00	1.654527E-03
5.000000	0.000000E+00	2.525913E-03
6.000000	0.000000E+00	2.211145E-03
7.000000	0.000000E+00	1.510166E-03
8.000000	0.000000E+00	1.208614E-05
9.000000	0.000000E+00	2.378223E-03
10.000000	0.000000E+00	4.142369E-03
11.000000	0.000000E+00	4.281624E-03
12.000000	0.000000E+00	2.254388E-03

Рис. 4. Входные данные спектрограмм

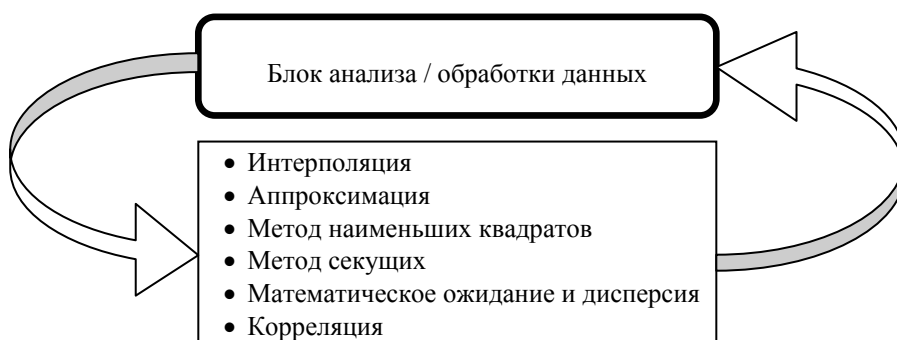


Рис. 5. Анализ/обработка данных

В данный момент для построения трехмерного изображения поверхности деформируемого образца используется интерполяция. Для деформационной кривой применяется аппроксимация и рассчитывается коэффициент корреляции. Размер зерна определяется методом секущих с учетом дисперсии.

**Блок отчетности.** После проведения необходимых для анализа данных вычислений пользователь может выбрать форму представления данных:

- 1) составление таблицы;
- 2) построение диаграмм;
- 3) построение двухмерного графика функции (рис. 6);
- 4) построение трехмерной поверхности (рис. 7).

Трехмерная поверхность имеет градиентную окраску: максимумы красного, средние значения зеленого и минимумы синего цвета. Цвета между областями распределяются линейно.

**Заключение.** Разрабатываемый модульный программный комплекс по исследованию экспериментальных данных предоставляет конечному пользователю мощный инструмент по анализу и дальнейшей визуализации экспериментальных данных, представленных в различных форматах. Предполагается, что конечный пользователь будет иметь возможность самостоятельно выбирать те операции над данными, которые необходимо выполнить, а также выбрать формат отображения обработанных данных.

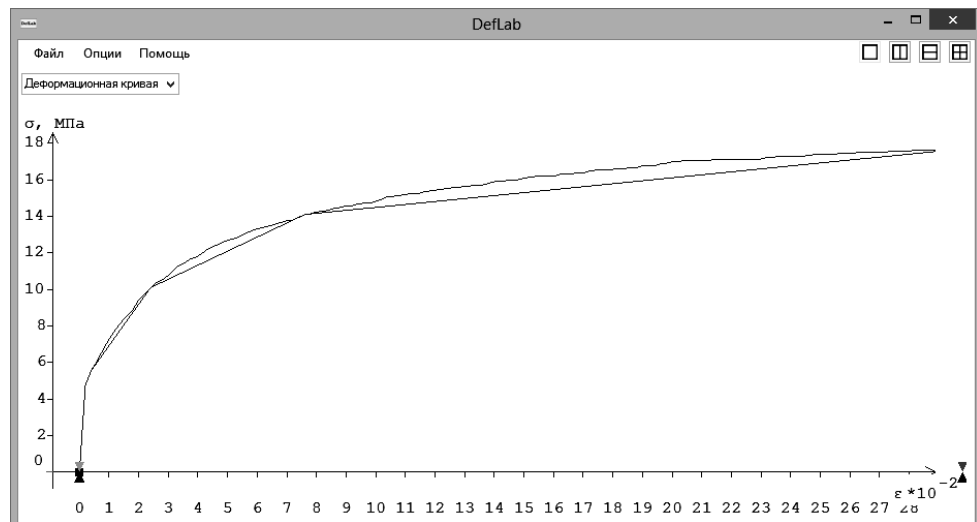


Рис. 6. График функции

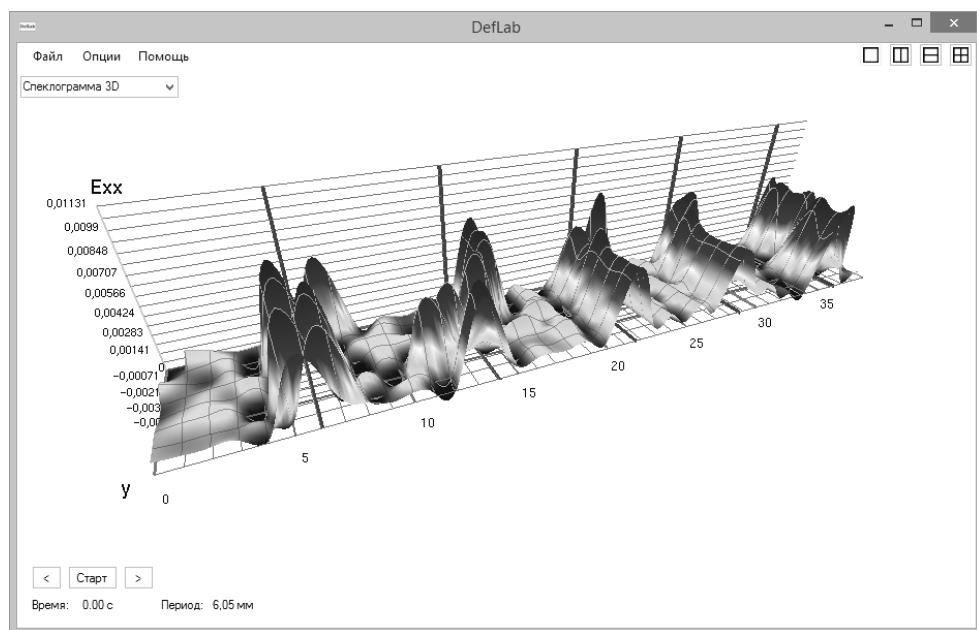


Рис. 7. Трехмерное изображение поверхности

### Литература

1. Хейлсберг А. Язык программирования C#. Классика Computers Science / А. Хейлсберг, М. Торгерсен, С. Вилтамут, П. Голд. 4-е изд. СПб.: Питер, 2011. 784 с.
2. Хемминг Р.В. Численные методы для научных работников и инженеров. 2-е изд. М.: Наука, 1972. 399 с.

**ШКОЛА-СЕМИНАР «ЭЛЕКТРОННОЕ ГОСУДАРСТВО:  
ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО  
И АДМИНИСТРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ»**

*Председатель секции – Сидоров Анатолий Анатольевич, к.э.н., доцент каф. АОИ*

УДК 351

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ОКАЗАНИЯ  
ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ УСЛУГ  
НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

*А.Э. Чернявская, К.А. Воронкова*

Произведен анализ результатов мониторинга качества и доступности государственных и муниципальных услуг за 2014 г. в Томской области и его методической составляющей. Сопоставлены достигнутые показатели с установленными целевыми значениями. Выявлены услуги, при получении которых граждане чаще всего сталкивались с определенными трудностями. Определена необходимость проведения повторного мониторинга. Выбрана и обоснована структура и содержание опроса населения о качестве предоставления государственных и муниципальных услуг.

**Ключевые слова:** мониторинг, государственные и муниципальные услуги, опрос, анкета.

Повышение качества оказания государственных и муниципальных услуг и расширение их доступности для организаций и населения, в том числе на основе использования информационно-коммуникационных технологий, является приоритетом развития сферы публичного управления в РФ, а также одним из ключевых условий достижения стратегических целей социально-экономического развития страны. Понятие качества услуг может быть представлено следующими характеристиками: 1) качеством содержания ее конечного результата, т.е. соответствием услуги стандарту и регламенту; 2) качеством получения услуги, связанным с комфортностью и доступностью. При этом они должны быть четко прописаны в административных регламентах и выступать в качестве основы формирования системы нормативных требований к параметрам их оказания. Основным инструментом контроля этих показателей является мониторинг (от лат. monitor – напоминающий, предостерегающий). В рамках настоящей работы под мониторингом понимается специальным образом сформированный инструмент информационного обеспечения управленческой деятельности для контроля, оценки, анализа и прогнозирования развития объекта управления на основе непрерывного процесса, состоящего из процедур жизненного цикла переработки информации (сбор, обработка, хранение, отображение и распространение), каждая из которых, в свою очередь, реализуется через свойственные ей методические приемы [1]. Проще говоря, с помощью различных средств мониторинга находятся «слабые» места в оказании услуг, их причины и, как следствие, происходит исправление недостатков, т.е. совершенствование процесса предоставления государственных и муниципальных услуг.

Одним из важнейших инструментов получения информации о показателях качества является социологическое обследование. Оно позволяет отразить мнение граждан, поскольку при получении государственных и муниципальных услуг они вступают в непосредственное взаимодействие с органами власти и, в свою очередь, оценивают работоспособность всего государственного аппарата. Именно поэтому актуальность работы заключается в том, что в настоящее время необходимо проводить такой мониторинг качества оказания услуг, который смог бы с помощью мнения граждан показать эффективность работы органов власти, отразить степень выполнения поставленных властями задач и программ, а также своевременно выявить и устранить ошибки и проблемы в данном процессе.

В настоящее время в Томской области существует два вида мониторинга качества оказания услуг на основе социологического опроса:

1. Мониторинг качества оказания государственных (региональных) и муниципальных услуг, проводимый по методике Минэкономразвития РФ [2].

2. Мониторинг качества оказания государственных услуг на всероссийском портале «Вашконтроль.ру», созданный по инициативе Минэкономразвития РФ [3].

В ходе работы были изучены и проанализированы результаты мониторинга качества оказания государственных и муниципальных услуг, проводимого в Томской области в 2014 г. [4], а также рассмотрена его методологическая составляющая. Его целью являлось определение степени достижения, установленных Указом Президента РФ от 07.05.2012 г. № 601 «Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления» [5] целевых значений показателей, относящихся к качеству предоставления государственных и муниципальных услуг. Кроме того, в анализе учитывались целевые показатели, которые должны были быть достигнуты к 2014 г., содержащиеся в Концепции снижения административных барьеров и повышения доступности государственных и муниципальных услуг на 2011–2013 гг., утвержденной Правительством РФ от 10.06.2011 №1021-р [6]. Состав услуг заранее не определялся и сформировался в результате предварительного опроса среди населения. Наиболее востребованными из них оказались: среди государственных услуг – «Государственная регистрация заключения брака» (24,4% от общего числа ответов респондентов) и «Государственная регистрация рождения» (15,6%), а среди муниципальных – «Выдача разрешения на строительство объекта индивидуального жилищного строительства» (15,9%), «Выдача градостроительного плана земельного участка» (12,2%).

Данный мониторинг проводится ежегодно в III–IV кварталах. Анкетирование осуществляется методом индивидуального формализованного интервью на дому респондента. Методика предусматривает проведение исследований методом репрезентативного социологического опроса с охватом всех категорий населения (включая представителей бизнес-сообществ). Анкета включает в себя 64 вопроса для респондентов и 3 для анкетера и организатора опроса. Общий объем выборки составил 3000 человек.

Мониторинг качества оказания государственных и муниципальных услуг Томской области за 2014 г. показал, что у населения региона высокая удовлетворенность качеством предоставления услуг (88,7%). При этом стоит отметить, что это единственный из шести основных целевых показателей, указанных в Указе [5, 6], который был достигнут в 2014 г. В процессе анализа мониторинга были выделены следующие индикаторы качества, которые показали неудовлетворительные результаты:

- время ожидания в среднем – 30 мин (целевое – не более 15 мин к 2014 г.);

- уровень пользования услугами в электронной форме – 33,9% (целевое – не менее 70% к 2018 г.);
- количество обращений представителей бизнес-сообщества в среднем – 2,4 раза (целевое – не более 2 раз к 2014 г.);
- количество обращений граждан, которые не связаны с предпринимательской деятельностью, – 2,1 (целевое – не более 1 к 2014 г.);
- превышение сроков предоставления государственных и (или) муниципальных услуг для бизнес-сообществ – 22,4% (целевое – отсутствие превышения установленных нормативных сроков к 2014 г.).

В процессе анализа результатов мониторинга были выявлены две услуги, при получении которых граждане чаще всего сталкивались с определенными трудностями.

1. Выдача сертификата на региональный материнский (семейный) капитал. У данной государственной услуги оказались низкие результаты по следующим показателям в сравнении с другими услугами: удовлетворенность качеством предоставления услугой в целом – 32% респондентов ответили «Очень хорошо», 56% – «Скорее хорошо», 12% – «Скорее плохо»; доступность информации о получении услуги – 26,7% граждан оценили «Скорее плохо»; среднее количество обращений в органы власти – 2,2; время ожидания в очереди на подачу запросов (документов) – 46,7% ожидали в очереди «31–60 минут», 20% – «61–90 минут».

2. Прием заявлений, постановка на учет и зачисление детей в образовательные учреждения (детские сады). У данной муниципальной услуги оказались низкие результаты по следующим показателям в сравнении с другими услугами: удовлетворенность качеством предоставления услугой в целом – 27,6% респондентов ответили «Очень хорошо», 51,4% – «Скорее хорошо», 17,1% – «Скорее плохо», 1,9% – «Очень плохо»; доступность информации о получении услуги – 26,7% граждан оценили «Скорее плохо»; среднее количество обращений в органы власти – 2,5; время ожидания в очереди на подачу запросов (документов) – 43,8% ожидали в очереди «31–60 минут», 5,7% – «61–90 минут».

Анализ методической составляющей данного мониторинга показал, что он охватывает все характеристики качества оказываемых услуг, рекомендуемых нормативными документами, и позволяет организовать качественную обратную связь между населением и властью. Вместе с тем из-за большого количества вопросов и затратного способа анкетирования респондентов на дому этот вид организации мониторинга приводит к расходам значительных объемов бюджетных средств. Данная причина не позволяет чаще проводить подобные мероприятия в виде дополнительных периодических срезов, чтобы выявлять и оценивать промежуточные итоги. Теоретически для решения этой задачи мог бы подойти портал «Вашконтроль.ру», но он имеет ряд недостатков, таких как краткая форма опроса, невозможность сделать какие-либо выводы на уровне субъектов РФ, примитивизм метода оценки, незнание граждан о своих возможностях участия в мониторинге, оценка только государственных, преимущественно федеральных, услуг. Таким образом, для оперативного и гибкого отслеживания важных показателей качества предоставления услуг необходимо на уровне субъекта РФ проводить дополнительный периодический опрос населения о качестве предоставления государственных и муниципальных услуг.

Для решения данной задачи была разработана анкета, включающая в себя 24 вопроса и состоящая из следующих тематических блоков: получение информации об услуге, использование посредника, удобство месторасположения и гра-

фика работы органа, условия ожидания в очереди, условия приема при обращении, количество обращений в орган власти для получения одной государственной (муниципальной) услуги, обжалование действий сотрудников, удовлетворенность услугой в целом, демографические показатели. Содержащиеся в данных блоках вопросы раскрывают как перечисленные ранее целевые показатели, рекомендуемые директивными документами, так и показатели, по которым необходимы дополнительные периодические срезы (для отслеживания их динамики в случае неудовлетворительных результатов в ежегодном мониторинге).

Дополнительный опрос населения о качестве предоставления государственных и муниципальных услуг предлагается реализовать в двух вариантах: проведение анкетирования граждан сразу после оказания услуги (т.е. непосредственно на месте получения) либо размещение анкеты на сайте администрации Томской области или на другом крупном городском портале.

Для апробации анкеты в дальнейшем предлагается провести дополнительный мониторинг по государственной услуге по выдаче сертификата на региональный материнский (семейный) капитал. Данное мероприятие позволит, во-первых, узнать реакцию граждан как на сам процесс мониторинга, насколько он удобен, так и на целесообразность его проведения; во-вторых, он позволит проверить состояние достижения основных целевых показателей и динамику других важных характеристик качества предоставления.

### Литература

1. Сидоров А.А. Структурно-функциональная и динамическая модели мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований / А.А. Сидоров, П.В. Сенченко // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2012. № 2 (26), ч. 1. С. 259–264.

2. О методике проведения социологического исследования и оценки удовлетворенности граждан Российской Федерации качеством предоставления государственных и муниципальных услуг: Письмо Министерства экономического развития Российской Федерации от 28 февраля 2014 г. № 3939-ОФ/Д09и [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=583684> (дата обращения: 01.06.2015).

3. Вашконтроль.ру. Информационно-аналитическая система мониторинга качества государственных услуг [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vashkontrol.ru/> (дата обращения: 04.10.2015).

4. Аналитический отчет по результатам проведения социологического исследования удовлетворенности граждан качеством и доступностью предоставления государственных и муниципальных услуг в Томской области. Томск, 2014.

5. Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления: Указ Президента РФ от 07.05.2012г. № 601 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=129336> (дата обращения: 04.10.2015).

6. Об утверждении концепции снижения административных барьеров и повышения доступности государственных и муниципальных услуг на 2011–2013 годы и Плана мероприятий по реализации указанной Концепции: Распоряжение Правительства РФ от 10.06.2011 № 1021-р 4808 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_115467/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115467/) (дата обращения: 04.10.2015).

УДК 339.138

## ПРОДВИЖЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ: УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ

*Е.К. Малаховская, М.А. Шишанина*

Рассмотрены особенности процесса продвижения мобильных приложений на рынках B2C и C2C. Для этого на основании теоретического базиса и практического опыта проанализирована модель взаимодействия участников рынка мобильных приложений. В результате этого раскрыты проблемы, возникающие на этапе продвижения мобильного приложения. Для их ликвидации предложено использовать адаптированную методику управления рисками. В заключение предложена общая схема вывода мобильного приложения на рынок.

**Ключевые слова:** продвижение мобильных приложений, управление рисками.

Рынок информационных технологий (ИТ) в России и мире стремительно растет, что оказывает влияние на формирование информационного общества с характерными для него особенностями:

- большая роль информации и знаний и их открытость;
- доступность средств работы с информацией (в том числе смартфонов, планшетов и т.п.);
- умение работы с информацией как важной компетенции человека;
- автоматизация бизнес-процессов как в масштабах организации, так и страны в целом, призванная повысить эффективность управления;
- активное использование информационно-коммуникационных технологий в государственном секторе, в том числе посредством формирования электронного правительства;
- стирание границ государств, участвующих в обмене информацией, и др.

Исследования показали, что наиболее динамичным сегментом мирового рынка ИТ является программное обеспечение, где свыше половины совокупного объема формируют различные категории приложений, остальное приходится на системное программное обеспечение и средства разработки. Так, одним из перспективных направлений настоящего времени является разработка мобильных приложений, которая в основном происходит в рамках следующих моделей: C2C (Customer-to-Customer), B2B (Business-to-Business), B2C (Business-to-Customer). Только начинает развиваться в данном сегменте B2G (Business-to-Government). Для того чтобы взаимодействия формата C2C и B2C были эффективны, помимо разработки самого программного продукта, важно грамотно спланировать и реализовать выход и продвижения продукта на рынке. Для этого важно иметь представление о функционировании рынка мобильных приложений. Анализ предметной области показал, что рынок фрагментирован и разделен между множеством участников (рис. 1).

Общая схема взаимоотношений между блоками состоит в следующем: «разработчик» созда-



Рис. 1. Ключевые игроки рынка мобильных приложений



ет и выпускает мобильное приложение (МП), а «пользователь» с помощью «платформы распространения» приобретает его. «Государство», «IT-рынки» и «Конкуренты» устанавливают определенные рамки и условия для функционирования описанных выше взаимоотношений.

Особая значимость в данных взаимосвязях на практике уделяется блоку (и связям с ним) под общим названием «Платформа распространения», в рамках которого и происходит непосредственное удовлетворение потребностей пользователя и разработчика, т.е. распространение (продажа) и приобретение (покупка) продукта. В первую очередь под ним понимается совокупность on-line-магазинов МП, которые позволяют их размещать, продавать, организовывать поиск, категоризацию, хранение отзывов и оценок. Главными игроками на данном рынке (среди сотен других) выступают два крупных магазина: «AppStore» и «GooglePlay», распространяющие приложения для устройств, работающих на операционных системах iOS и Android соответственно. Функционирование таких магазинов построено по единой бизнес-модели (рис. 2).



Рис. 2. Модель взаимодействия участников в магазине мобильных приложений

Данная модель предполагает пользователя (приобретающего приложение на основании выдвинутых условий, в том числе цены), разработчика (которому достается 70% от уплаченной пользователем суммы) и компанию-посредника, предоставляющую свою платформу для распространения (например, GooglePlay), доход которой составляет 30% от суммы покупки. Важным для исследования является положение о том, что распространение МП в интернет-магазинах чаще всего предусматривает использование одной из четырех базовых бизнес-моделей [1]:

- free;
- commercial;
- freemium;
- free-to-play.

Каждая модель распространения МП имеет свои достоинства и недостатки, предпочтение должно осуществляться на основании анализа (возможностей МП и особенностей его целевой аудитории). Однако для того, чтобы пользователь приобрел разработанный продукт, особенно если речь идет о B2C- или C2C-взаимодействиях, то разработчику необходимо предпринять меры по продвижению мобильного приложения. Отмечается, что невозможно, применив подряд весь спектр существующих методов продвижения, добиться высоких показателей эффективности и результативности в данной деятельности. Это обусловлено рядом причин [2]:

- разные цели создания мобильных приложений;
- разные модели коммерциализации приложения;
- разные цели продвижения;
- разные ресурсы для продвижения;
- разная целевая аудитория приложений и т.п.

Важно понимать, что на всех этапах возникают события или явления, которые могут негативно повлиять на достижение целей продвижения МП, – риски. В этих условиях актуальной является задача упреждающего управления рисками продвижения МП, когда важно не только предвидеть наступление риска, но и своевременно принять меры, препятствующие его проявлению. В этой связи эффективность принятия решения по продвижению будет по большей части зависеть от наличия и использования опыта и знаний, накопленных в процессе продвижения аналогичных приложений.

В процессе управления рисками принято выделять следующие этапы [3]:

- идентификация и анализ риска;
- оценка риска;
- выбор методов и инструментов воздействия на риск;
- воздействие на риск;
- контроль и оценка результата.

Этап идентификации и анализа риска тесно связан с процессом управления знаниями экспертов. Оценка рисков предполагает определение величины возможных результатов воздействия неопределенных факторов и вероятность их наступления. Выбор методов и инструментов воздействия на риск предполагает выделение мероприятий и стратегий (принятие риска, уклонение, передача и снижение риска) по реагированию на риск.

На первом этапе управления рисками (идентификация) в качестве экспертов выступали участники проекта: разработчики МП, менеджер проекта и PR-специалист. Рискообразующие факторы на этапе продвижения представлены в таблице.

#### Характеристика рискообразующих факторов на этапе продвижения МП

Фактор	Условия возникновения	Последствия возникновения	Мероприятия
Недостаточное количество ресурсов для продвижения МП	Отсутствие финансовых / трудовых ресурсов для продвижения МП	Невозможность продвижения МП на рынок; ошибки при реализации маркетинговой стратегии	Заложение в бюджет средств для продвижения; привлечение квалифицированных специалистов, повышение квалификации имеющихся специалистов; использование малобюджетных методов продвижения
Появление на рынке аналогичного МП	Выход на рынок аналогичного МП	Повышение конкуренции среди программных продуктов; невозможность внедрения на рынок МП	Анализ рыночной ситуации; разработка и реализация маркетинговой стратегии
Ошибки при расчете стоимости МП	Неверный выбор стратегии ценообразования; ошибки при реализации маркетинговой стратегии	Отказ конечных пользователей от приобретения МП	Формирование «гибкой» стоимости МП в зависимости от целевой аудитории
Ошибочный выбор метода сегментирования	Недостаточный опыт при сегментировании рынка	Неверно определена целевая аудитория;	Привлечение специалистов; использование нескольких методов сегментирования для сравнения и анализа полученных результатов
Ошибки выбора каналов и инструментов коммуникаций	Недостаточный опыт при продвижении МП	малое количество конечных пользователей; снижение конверсии	Привлечение квалифицированных специалистов для продвижения МП; повышение квалификации существующих специалистов, занимающихся продвижением
Отсутствие критериев оценки эффективности продвижения		Низкая степень разработанности и невозможность комплексной реализации маркетинговой стратегии	Разработка критериев оценки реализации маркетинговой стратегии; введение точек контроля для этапа продвижения МП

Таким образом, важно грамотное выстраивание стратегии управления разработанными продуктами с применением разного набора методов продвижения для разных мобильных приложений.

На основании функциональной модели продвижения программных продуктов, представленной в [4], сформулированы основные этапы действий перед выводом продукта на рынок (рис. 3).

На первом этапе определяются потребности разработчика и пользователя (ожидания от приобретенного продукта). Для этого анализируется готовность МП к выходу на рынок, происходит поиск и оценка аналогов, тем самым определяется его конкурентоспособность.

Анализ рыночной ситуации проводится в двух направлениях. На первом – комплексная оценка МП, например, методом SWOT-анализа, где определяются сильные и слабые стороны МП, возможности и угрозы на рынке. На втором этапе формируются целевые рынки потенциальных потребителей и определяются их рыночные параметры, иными словами, изучается целевая аудитория выпускаемого продукта. При этом важно разграничивать понятия «конечный пользователь мобильного приложения» и «покупатель». Например, для английской азбуки конечный пользователь – дети от 3 до 8 лет (что повлияет на функциональные характеристики продукта), а покупатель – родители (следовательно, необходимо привлечь их внимание, описав преимущества обучения английскому языку с помощью разрабатываемого продукта).

Вся полученная на предыдущих этапах информация позволяет выделить потенциальных потребителей в сегменте, сформулировать и сформировать потребительские предпочтения, тем самым обозначить стратегию позиционирования мобильного приложения. При этом из всего многообразия методов и каналов продвижения выбираются те, которые будут эффективны в конкретной ситуации.

На основании данных об исследовании рынка (о целевой аудитории, информации о продукте и рыночной среде) строится и реализуется стратегия продвижения МП. Важно анализировать получаемые результаты и производить корректировку запланированных действий. При этом на каждом этапе работы важно помнить об оценке рисков и выполнять мероприятия по их минимизации.

В заключение акцентируется внимание на том, что процесс создания и продвижения МП является на сегодняшний день хотя и высокорискованной деятельностью, но перспективной для разработчиков. Для минимизации возможных потерь на этапе продвижения рекомендуется управлять рисками по причине того, что эффективность принятия решения в данном случае зависит от наличия и использования опыта и знаний, накопленных в аналогичных процессах.

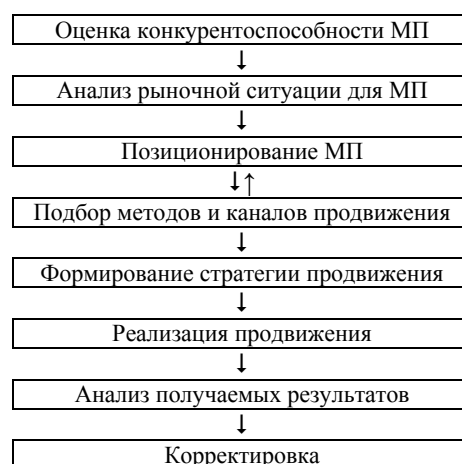


Рис. 3. Общая схема разработки модели продвижения мобильного приложения

### **Литература**

1. Маркетинговое исследование: разработка детского мобильного приложения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/232703/>, свободный (дата обращения: 11.08.2015).
2. Малаховская Е.К. Управление портфелем мобильных приложений: возможности использования разных методов [Электронный ресурс]. Режим доступа: [gro-conference.tusur.ru/conference/2013/themes/58/projects/328/discourses/472](http://gro-conference.tusur.ru/conference/2013/themes/58/projects/328/discourses/472), свободный (дата обращения: 11.08.2015).
3. Авдошин С.М. Информатизация бизнеса. Управление рисками. М.: ДМК-Пресс, 2011. 176 с.
4. Ехлаков Ю.П. Функциональные модели бизнес-процессов фирмы посредника на рынке программных продуктов / Ю.П. Ехлаков, А.А. Ефимов // Бизнес-информатика. 2010. № 1 (11). С. 22.

**ШКОЛА-СЕМИНАР  
«РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ – 65 ЛЕТ.  
ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ»**

*Председатель секции – Боков Лев Алексеевич, к.ф.-м.н., доцент,  
директор департамента образования (проректор по учебной работе)*

УДК 621.397

**ОТ ПРИКЛАДНОГО К КОСМИЧЕСКОМУ И ЦИФРОВОМУ  
ТЕЛЕВИДЕНИЮ**

***И.Н. Пустынский, В.А. Шалимов, М.И. Курячий***

Систематизированы и обобщены результаты учебной и научной деятельности кафедры телевидения и управления ТУСУРа за 60 лет.

**Ключевые слова:** прикладное телевидение, видеоинформационные системы, системы видения в сложных метеоусловиях, цифровое телевидение.

В 2015 г. кафедра телевидения ТУСУР подводит итоги своей шестидесятилетней деятельности.

Организованная в 1955 г. в составе радиотехнического факультета (РТФ) Томского политехнического института кафедра первоначально называлась кафедрой радиопередающих устройств (РПУ). В 1962 г. кафедра была переведена в новый институт – Томский институт радиоэлектроники и электронной техники (ТИРиЭТ). В 1973 г. кафедра переименована в кафедру телевизионных устройств, а в 1999 г. – в кафедру телевидения и управления (ТУ).

Кафедра на первом этапе обеспечивала преподавание дисциплин «Радиопередающие устройства», «Основы телевидения», «Антенно-фидерные устройства», «Распространение радиоволн» для студентов специальностей «Радиотехника» и «Конструирование и технология производства радиоаппаратуры». На кафедре функционировала лаборатория телевидения, сотрудники которой вместе с преподавателями занимались разработкой и изготовлением телевизионных передающих центров. С 1955 по 1962 г. под руководством к.т.н. доцента В.С. Мелихова сотрудниками этой лаборатории были разработаны, изготовлены и сданы в эксплуатацию 11 телевизионных передающих центров на территории страны от Томска (1955) до Ухты (1961) и Чимкента (1962).

Усилиями сотрудников лаборатории телевидения Томск стал первым городом Сибири и третьим в России (после Москвы и Ленинграда), в котором было организовано телевизионное вещание.

Одновременно на кафедре теоретических основ радиотехники Томского политехнического института (ТПИ) группой аспирантов, молодых инженеров и студентов до 1961 г. проводились научно-исследовательские работы по созданию полупроводниковых малогабаритных телевизионных установок различного назначения (ПТУ-П1, МПТУ-2, ПТУ-Т3 и др.).

В 1961 г. эта группа была переведена на кафедру РПУ, основным научным направлением которой стали исследования в области прикладного телевидения – телевизионной автоматики (научный руководитель И.Н. Пустынский).

На радиотехническом факультете ТИРиЭТа (ТУСУРа) кафедра не только сохранила учебное и научное направления, но и существенно их расширила, включив в перечень преподаваемых дисциплины «Электроника», «Физические основы электроники», «Цифровые и микропроцессорные устройства», «Основы телевизионного отображения информации», «Цифровая обработка сигналов», выполняя большой объём научно-исследовательских работ по телевизионной тематике до 1990 г. Так, в 1968 г. была сдана заказчику ПТУ-8Г телевизионная установка для исследования подземных горных выработок, а были ещё и ПТУ-10М, ПТУ-11С, ПТУ-12. Одновременно на кафедре через аспирантуру готовились научно-педагогические кадры, и к 2015 г. было защищено 65 кандидатских и 6 докторских диссертаций.

Сотрудники кафедры принимали участие в работе администрации вуза: И.Н. Пустынский – проректор по научной работе, ректор; Н.П. Лутошкин – проректор, А.П. Ташкун – председатель профкома, В.А. Шалимов, Л.П. Турченков – деканы, В.М. Ицкович – зам. декана, разработчик и руководитель учебного телевидения ТУСУРа.

По инициативе и при активном участии И.Н. Пустынского в 1992 г. были организованы Ассоциация выпускников ТУСУРа, Международная академия наук высшей школы и Сибирская академия наук высшей школы.

В 1970–1980 гг. основным научным направлением работ кафедры становится направление «Телевизионно-вычислительная автоматика (видеоинформатика)».

В 1990 г. кафедра ТУ вошла в число профилирующих кафедр и обеспечивала подготовку специалистов по направлениям: «Бытовая радиоэлектронная аппаратура», «Аудиовизуальная техника», «Сервис», «Антикризисное управление» по дневной, вечерней, заочной и дистанционной формам обучения, а с 2011 г. – подготовку бакалавров по направлениям «Радиотехника», «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», «Сервис», «Менеджмент».

Кафедра ТУ обеспечивает более 200 учебных дисциплин, связанных с электроникой, цифровыми устройствами и микропроцессорами, устройствами формирования сигналов, цифровой обработкой сигналов, телевидением, видеотехникой, видеоинформационными системами, цифровым телерадиовещанием.

Переход на подготовку бакалавров и магистров потребовал от кафедры существенной модернизации лабораторной базы: с 2014 г. функционирует новая учебная лаборатория видеоинформационных технологий и цифрового телевидения (ауд. 217 РК), а с 2015 г. – учебная лаборатория цифрового телерадиовещания (ауд. 212 РК). Эти лаборатории созданы при активном привлечении средств ректората, НПФ «Микран», ОАО «Ростелеком» и кафедры ТУ.

Регулярно обновляется техническая база вычислительных лабораторий кафедры (ауд. 209, 210, 210а, 222 РК) и её локальной вычислительной сети.

Контингент подшефных студентов кафедры в среднем превышает 500 человек, из которых примерно 100 – студенты дневного и вечернего обучения с полным возмещением затрат.

Ежегодно в среднем кафедра выпускала по всем формам обучения 92 специалиста, имела самое большое количество внебюджетных студентов на факультете и 20 штатных должностей профессорско-преподавательского состава. Кадровый состав кафедры ТУ всегда соответствовал аккредитационным показателям подготовки бакалавров, специалистов и магистров по техническим специальностям кафедры (направления: радиотехника; инфокоммуникационные технологии и системы связи).

Переход в учебных планах от учебно-исследовательской работы студентов к групповому проектному обучению (ГПО) позволил студентам на кафедре участвовать в направлениях «Цифровая обработка сигналов», «Электромагнитная совместимость», «Охранное телевидение», «Бизнес-планирование», «Оценка экономической эффективности разработок» и использовать результаты ГПО в процессе дипломирования, формирования групп магистратуры и аспирантуры.

Кафедра ТУ с 1995 г. организовала и успешно реализовала план совместной подготовки специалистов для Республики Саха (Якутия), по договору между Якутским государственным университетом (ЯГУ) и ТУСУРом. ЯГУ набирал группу студентов (20–25 чел.) и 2 года обучал их у себя по учебному плану ТУСУРа, причём по дисциплинам «Программирование», «Цепи и сигналы», «Электроника» занятия проводили преподаватели, направленные в ЯГУ ТУСУРом.

После завершения двух лет обучения ЯГУ студенты, успешно справившиеся с учебным планом, переводились в ТУСУР, где продолжали обучение, защищали выпускные квалификационные работы и получали дипломы ТУСУРа.

Первый выпуск студентов групп совместной подготовки прошёл в 2000 г., а в 2007 г. из 15 студентов, переведённых в ТУСУР из ЯГУ, 7 – получили дипломы с отличием. В этот большой совместный успех существенный вклад внесли преподаватели ТУСУРа: Н.А. Каратаева, В.А. Шалимов, В.Н. Ульянов. Важно отметить минимальный отсев студентов из групп совместной подготовки: из 15 переведённых в ТУСУР студентов обычно 14 успешно заканчивали вуз. За время действия плана совместной подготовки для Республики Саха (Якутия) были подготовлены более 250 выпускников ТУСУРа, многие из которых в настоящее время занимают руководящие должности на предприятиях систем связи республики, а выпускник Якутского государственного университета Н.А. Леонтьев, обучавшийся в аспирантуре ТУСУРа (научный руководитель профессор Т.Р. Газизов) и защитивший кандидатскую диссертацию, в настоящее время заведует кафедрой в ЯГУ и завершает работу над докторской диссертацией. Сотрудничество с ЯГУ позволило ТУСУРу не только обучать ежегодно 40–45 студентов из республики по технологии с полным возмещением затрат (более 2 миллионов рублей ежегодно внебюджетных средств), но и использовать часть этих средств для модернизации лабораторной базы кафедры ТУ, а Республике Саха (Якутия) и стране – устойчивый поток молодых специалистов, подготовка которых по данным направлениям в Республике Саха (Якутия) не проводилась.

Министерство подготовки кадров Республики Саха (Якутия) и ТУСУР и сейчас продолжают совместную работу по подготовке специалистов для республики в рамках целевого приёма.

В настоящее время основными направлениями учебной и научной деятельности кафедры телевидения и управления ТУСУРа по телевизионной тематике являются:

- исследование и разработка методов и средств повышения качества изображения в активно-импульсных телевизионно-вычислительных системах видения в сложных метеоусловиях и малопрозрачных средах;
- обработка и анализ изображений в интеллектуальных системах видеонаблюдения;
- методы выделения устойчивых характерных признаков изображений для задач распознавания образов;
- разработка программно-аппаратных средств обеспечения технологии дополненной реальности в телевизионно-вычислительных системах.

Ведется подготовка студентов:

- бакалавров по направлению 210400.62 «Радиотехника» (профиль «Аудиовизуальная техника»);
- бакалавров по направлению 217400.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (профиль «Цифровое телерадиовещание»);
- магистров по направлению 11.04.01 «Радиотехника» (профиль «Видеоинформационные технологии и цифровое телевидение»).

В 2015 г. впервые осуществлен набор студентов по магистерской программе «Видеоинформационные технологии и цифровое телевидение».

Отличительной особенностью магистерской программы «Видеоинформационные технологии и цифровое телевидение» является то, что в ней значительное внимание уделяется вопросам подготовки специалистов в области видеоинформационных систем, ориентированных на передачу, хранение, обработку и отображение данных самой различной природы, основой которой послужат конвергенция телевизионных, компьютерных и телекоммуникационных технологий.

Подготовка магистров осуществляется на основе проводимых исследований, сформированной на кафедре научной школы по направлению «Телевизионно-вычислительная автоматика (видеоинформатика)».

В настоящее время продолжаются научно-исследовательские работы по базовой части государственного задания Минобрнауки России №2014/225 «Исследование и разработка методов и средств повышения качества изображений в активно-импульсных телевизионно-вычислительных системах видения в сложных метеоусловиях и малопрозрачных средах» (2014–2016 гг.).

В 2011 г. на кафедре получен патент на изобретение № 2427098, НИЧ № 7/00 «Устройство для определения координатных искажений активно-импульсных телевизионных систем» (авторы М.С. Ройтман, В.А. Шалимов), на базе которого впервые экспериментально были получены качественные оценки величин координатных искажений различных телевизионных передающих камер и активно-импульсной телевизионной системы, созданной на кафедре ТУ. Результаты исследований, проведенных совместно со студентами кафедры, участвующими в технологии группового проектного обучения, были опубликованы в 2012–2014 гг. в «Трудах ТУСУРа».

По результатам научных исследований созданы образцы систем видения в сложных метеоусловиях с улучшенными характеристиками по точности, быстродействию и качеству формируемых изображений.

Целью данных работ являлось повышение точности преобразования оптических изображений в видеосигнал, несущий информацию о координатах, размерах и яркостных характеристиках световых объектов и их элементов с учетом экстремальных условий контроля и наблюдения: ограниченной видимости из-за недостаточной освещенности объекта, пониженной прозрачности атмосферы (туман, дымка, пыль, дождь, снегопад), воздействия интенсивных световых помех и других видов излучений.

Особый интерес в плане повышения качества изображения в этой связи представляют системы наблюдения и контроля в сложных условиях видимости, к которым относятся: низкие уровни освещенности (сумерки, ночь и полная темнота); низкая прозрачность среды распространения оптического излучения (дымка, туман, дождь, снег, пыль, малопрозрачная жидкость); наличие световых помех от фар встречного транспорта, прожекторов, светильников, пламени пожа-



ров, трассеров, вспышек выстрелов, взрывов, дымовых шашек, низкий контраст объекта с фоном и малая яркость объекта, наличие маскировок и т.д.

Проблема повышения эффективности и качества алгоритмов обработки изображений, теоретические и экспериментальные исследования по оптимизации режимов работы телевизионных датчиков с усилителем яркости для повышения чувствительности и разрешающей способности являются актуальными и представляют несомненный интерес.

Основными научными результатами полученными на кафедре ТУ являются следующие:

1. Предложен способ повышения контраста изображения, основанный на суммировании изображений, полученных в непрерывном и активно-импульсном режимах. Дано его теоретическое обоснование.

2. Разработан ряд алгоритмов повышения качества изображения. Проведена оценка их эффективности при обработке реальных изображений.

3. Предложен способ расширения зоны видения и обеспечения равной яркости изображения по дальности путем реализации «сплошного» режима просмотра всей дистанции. Дано теоретическое обоснование такого режима.

4. Приведено теоретическое обоснование возможности адаптации формы импульса подсвета к условиям наблюдения. Разработана принципиальная схема генератора адаптированных к условиям наблюдения импульсов накачки лазера.

5. Разработано программное обеспечение для проведения экспериментальных исследований и измерения технических параметров систем видения в сложных метеоусловиях.

Для визуальной оценки взаимного расположения объектов по дальности в системе предложена и реализована специальная цветовая раскраска.

Просматриваемое системой пространство разделяется по дальности на три зоны, и все наблюдаемые объекты окрашиваются соответственно в *синий* (дальняя зона), *зелёный* (средняя зона) и *красный* (ближняя зона) цвета.

Такая раскраска позволяет визуально определить взаимное расположение объектов наблюдения по дальности, что особенно полезно при управлении транспортом в темное время суток.

Для раскраски и улучшения визуального качества получаемой информации система использует устройство, разработанное инновационным предприятием ООО «ДиВиЛайн», организованным сотрудниками кафедры.

Разработанное устройство построено на базе аппаратно-программной видеоплатформы, использующей цифровой сигнальный процессор TMS320DM642 и следующие интерфейсы: видеовход, многоканальный буферизированный последовательный порт, JTAG.

В состав программного обеспечения системы включены различные реализации алгоритмов линейной и нелинейной обработки изображений.

В состав системы входят: телевизионная камера с повышенной чувствительностью и электронно-оптическим преобразователем, устройство подсветки, источник питания, блок управления и ноутбук со специализированным программным обеспечением. Устройством подсветки является осветитель на базе полупроводникового лазера или импульсных светодиодов, который работает преимущественно в импульсном режиме.

Система видения в сложных метеоусловиях обладает следующими характеристиками:

1. Устранение маскировки изображения источниками «паразитного» светового излучения.
2. Устойчивость к ослеплению световым потоком, отраженным от ближней к системе оптической неоднородности.
3. Высокая точность измерения дальности до объекта наблюдения.
4. Повышенная дальность действия системы за счет использования естественного освещения при работе в активно-импульсном режиме.
5. Обеспечение возможности визуализации объектов при наличии в наблюдаемом пространстве как неподвижных оптических неоднородностей (например, туман), так и подвижных неоднородностей (снегопад).
6. Возможность реализации «сплошного» режима просмотра всей дистанции путем накопления изображений последовательно расположенных зон, складываемых каждая со своим «весовым» коэффициентом для обеспечения равной яркости изображений зон с «очисткой» изображения от фоновой составляющей из результирующего сигнала изображения.
7. Возможность визуального определения взаимного расположения наблюдаемых объектов по дальности, благодаря применению специальной цветовой раскраски.
8. Возможность адаптации формы импульса подсвета к условиям наблюдения (например, формирование достаточно мощного импульса подсвета протяженностью в пространстве, сопоставимой с размерами объекта наблюдения, тогда как остальные объекты, находящиеся в зоне наблюдения, будут иметь меньшую яркость).

Сотрудники кафедры ТУ внесли заметный вклад в одну из разработок – «Оптико-электронный комплекс «Окно» системы космического пространства», в телевизионной части которой они принимали участие. В 2004 г. она отмечена Государственной премией Российской Федерации. Комплекс «Окно» предназначен для автоматического обнаружения и измерения параметров высокоорбитальных космических объектов, движущихся на высоте от 2000 до 40000 км, определения их орбит и класса.

В последние годы кафедра ТУ опубликовала ряд монографий, учебных пособий и получила патенты на изобретения, которые используются в учебно-научно-инновационной деятельности ТУСУРа [1–16].

### **Литература**

1. Глазов Г.Н., Костевич А.Г. Спектрально-ковариационные модели случайных процессов и полей / Под ред. Г.Н. Глазова. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. 254 с.
2. Ильин А.Г., Казанцев Г.Д., Костевич А.Г., Курячий М.И., Пустынский И.Н., Шалимов В.А. Цифровое телевидение в видеоинформационных системах. Томск: Том. гос. университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. 437 с.
3. Курячий М.И., Костевич А.Г., Гальчук И.В. Пространственно-временная ранговая обработка изображений в видеоинформационных системах. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2013. 128 с.
4. Пустынский И.Н., Масленников В.Н. Видеоусилители на полевых транзисторах: учеб. пособие. Томск: В-Спектр, 2007. 64 с.
5. Деев К.Д., Шалимов В.А. Диагностика неисправностей и ремонт телевизионных приемников: учеб. пособие. Томск: В-Спектр, 2007. 232 с.

6. Дементьев А.Н. Электронные системы безопасности личности и имущества. Ч. 2: Охранное телевидение: учеб. пособие. Томск: В-Спектр, 2007. 172 с.
7. Курячий М.И. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие для вузов с грифом УМО. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2009. 192 с.
8. Коновалов В.Ф. Электроника: учеб. пособие. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.
9. Кирпиченко Ю.Р., Пустынский И.Н. Датчики телевизионно-вычислительных систем: учеб. пособие для вузов с грифом СибРУМО. 2-е изд., перераб. и доп. Томск: В-Спектр, 2014. 176 с.
10. Патент на полезную модель № 58244, ФГУ ФИПС. «Универсальный цифровой модуль обработки и преобразования видеоданных» / А.С. Рудникович, М.И. Курячий, В.В. Русинов, 10.11.2006 г.
11. Патент РФ на изобретение № 2406100. Кирпиченко Ю.Р., Курячий М.И., Пустынский И.Н. Активно-импульсная телевизионная система. Заявка № 2008152485/28. Приоритет изобретения 29.12.2008. Опубликовано 10.12.2010. Бюл. № 34.
12. Патент РФ на изобретение № 2 427 098, H04N 7/00. Ройтман М.С., Шалимов В.А. Устройство для определения координатных искажений активно-импульсных телевизионных систем. Заявка № 20091491133/09. Приоритет изобретения 28.12.2009. Опубликовано 20.08.2011. Бюл. № 23.
13. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006611801, ФГУ ФИПС. «Программа отладки и контроля работы алгоритмов обработки и сжатия видеоданных с адаптивным детектором движения» / А.С. Рудникович, В.В. Русинов, 26.05.2006.
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013615357. А.Л. Конюхов. Программа автоматизированной оценки качества в изображениях. Заявка № 2013612982. Дата поступления 15 апреля 2013 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 5 июня 2013 г.
15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014610136. Программа для измерения характеристик шумов телевизионных датчиков / Гальчук И.В., Зайцева Е.В., Курячий М.И. Заявка № 2013660063. Дата поступления 5 ноября 2013 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 9 января 2014 г.
16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014610138. Программа для измерения координатных искажений малоразмерных объектов в телевизионных изображениях / Гальчук И.В., Зайцева Е.В., Курячий М.И. Заявка № 2013660069. Дата поступления 5 ноября 2013 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 9 января 2014 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 12

#### ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Председатель секции – Газизов Т.Р., д.т.н., профессор, зав. каф. ТУ

<b>Е.В. Бебякина, А.В. Бусыгина, М.Е. Комнатнов</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ БИОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ В ТЕМ-ЯЧЕЙКЕ .....	9
<b>А.О. Белоусов, А.М. Заболоцкий</b> МОДАЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ С КРУГОВОЙ СИММЕТРИЕЙ....	14
<b>Е.Н. Буичкин, П.Е. Орлов</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В НОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ .....	18
<b>В.Н. Федоров</b> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ПЕРЕКРЕСТНЫХ ПОМЕХ В МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ .....	21
<b>Н.В. Каргаполова, М.Е. Комнатнов</b> ПОРТАТИВНЫЙ ДАТЧИК НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ.....	25
<b>О.С. Каймонов, Т.Т. Газизов</b> НОВЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ КВ-РАДИОСВЯЗИ В СИСТЕМЕ МЧС РОССИИ .....	30
<b>О.С. Каймонов, А.А. Макаренко</b> ТЕСТОВАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОРГАНАХ МЧС РОССИИ.....	34
<b>В.В. Кропотков, С.П. Куксенко</b> БЛОК МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ СЕТИ ETHERNET 100 BASE-T .....	36
<b>А.А. Квасников, Е.В. Лежнин, С.П. Куксенко</b> РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ TALGAT.....	39
<b>О.А. Матвеевко, М.Е. Комнатнов</b> РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ИЗУЧЕНИЮ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ.....	42
<b>А.В. Носов, Р.С. Суровцев</b> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОТЕРЬ НА РАЗЛОЖЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В ВИТКЕ ВОЗДУШНОЙ МЕАНДРОВОЙ ЛИНИИ.....	47
<b>А.В. Осинцев, А.М. Заболоцкий</b> ПОДХОДЫ К ЗАЩИТЕ КОМПОНЕНТОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С ПОМОЩЬЮ МОДАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ .....	52
<b>А.В. Осинцев, М.Е. Комнатнов</b> ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРА КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЭКРАНИРОВАННОЙ ТЕМ-КАМЕРЫ.....	55
<b>А.А. Собко, М.Е. Комнатнов</b> ТЕРМОРЕГУЛЯТОР ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЭКРАНИРОВАННОЙ КАМЕРЫ .	59

<b>К.А. Гутник, С.П. Куксенко</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ИТЕРАЦИОННОГО ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ГРАНИЦ СТРУКТУРЫ ПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ .....	63
<b>А.Н. Лесков, С.П. Куксенко</b> СРАВНИТЕЛЬНОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СИММЕТРИЧНОЙ ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ .....	66

### Секция 13

#### **АВТОМАТИЗАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ**

*Сопредседатели секции: Кориков А.М., д.т.н., профессор, зав. каф. АСУ;  
Горитов А.Н., д.т.н., профессор каф. АСУ*

<b>А. Расил</b> СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ .....	69
<b>А.М. Данченко, В.С. Тараканов</b> ВЫЯВЛЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ РАСЧЕТА ПОЖАРНОГО РИСКА .....	73
<b>Т.А. Ермошин, А.П. Борисов</b> СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ДЛЯ ЦИКЛОНА-ПЫЛЕОТДЕЛИТЕЛЯ .....	76
<b>П.Ю. Найданов, А.А. Урасова, А.В. Фоменко</b> ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАМПУСОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	81
<b>Д.Ю. Гаврилов</b> ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ РЕЗОНАТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УСТРОЙСТВА РАДИОВОЛНОВОЙ ДИАГНОСТИКИ МИКРОПРОВОДА .....	84
<b>Г.Г. Гогоберидзе, Н.Н. Попов, В.М. Абрамов, А.А. Еришова, А.Н. Попова</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ .....	86
<b>О.А. Горячев, С.П. Шкарупо</b> РАЗРАБОТКА РОБОТА-ПОВАРА .....	89
<b>А.С. Крупский</b> ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ОДНОРОДНОЙ СЕТИ С УЧЁТОМ СРЕДНЕЙ ДЛИНЫ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ .....	91
<b>Н.В. Замятин, В.И. Маковкин</b> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА .....	93
<b>А.В. Маслова, Ю.А. Стрельцов</b> ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СФЕРЫ УСЛУГ .....	97
<b>А.Н. Горитов, М.Ф. Молокова</b> ПРЯМАЯ ЗАДАЧА ДИНАМИКИ В СИСТЕМЕ РАУМС .....	99

<i>А.Т. Печерица, С.М. Петрушин, Е.П. Жуков, М.В. Владимиров, А.И. Назарова, Д.И. Рубанов, В.М. Бритвич</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ МИКРОРАЗМЕТКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НЕСТРУКТУРИРОВАННОГО КОНТЕНТА.....	102
<i>С.И. Гомилко, Д.В. Жулаева, Д.И. Ример, Е.С. Шандаров, Д.О. Якушин</i>	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМАНДЫ РОБОТОВ-ФУТБОЛИСТОВ ЛИГИ HUMANOID KIDSIZE ЧЕМПИОНАТА ROBOCUP .....	104
<i>А.Н. Зимина, Д.И. Ример, Е.В. Соколова, Е.С. Шандаров, О.Е. Шандарова</i>	
АНТРОПОМОРФНЫЙ РОБОТ-ПОМОЩНИК ВОСПИТАТЕЛЯ ДОШКОЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ .....	108
<i>М.М. Рычагов</i>	
МОДЕЛЬ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ АНАЛИЗА АТТРИБУТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ WGS4 ПРИ ВЕДЕНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА .....	113
<i>Д.А. Суняйкина</i>	
РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МОДУЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СКРИНИНГА .....	116
<i>А.В. Волос, М.С. Герасимова, Е.А. Гольцова, М.Г. Крашенинников</i>	
МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ .....	121
<i>О.В. Лобанов, М.В. Кучер, А.В. Серяков, А.И. Гуляев</i>	
РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «СОЕХ» ДЛЯ ПОИСКА И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ НА ЦИФРОВЫХ НОСИТЕЛЯХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЭКСПЕРТИЗ.....	124
<i>В.С. Куринька</i>	
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ АГРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЕГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ...	127
<i>М.А. Захаров, Д.М. Иванова, В.В. Кокорышкин, А.А. Терентьева</i>	
РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ ДОКУМЕНТООБОРОТОМ.....	132

#### **Секция 14**

#### **ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

*Председатель секции – Шелупанов А.А., д.т.н., профессор, ректор ТУСУР*

<i>С.В. Козлов, А.А. Загородников, А.Н. Вознюк, А.В. Кригер, Г.В. Тумуров, А.П. Кишнянкин</i>	
МОДЕЛЬ УГРОЗ ПОДСИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ПЕРЕГОВОРОВ .....	136
<i>Н.А. Андреева</i>	
ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМАТИКА ПРОВЕДЕНИЯ АУДИТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ .....	139

<b>М.М. Антонов, Н.А. Новгородова</b> СОЗДАНИЕ РЕЗЕРВНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ (АСКУЭ) .....	142
<b>Д.А. Чакелев, П.А. Ковчунов, Д.А. Антипов, Ю.О. Лобода</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИРОСКОПА КАК УПРАВЛЯЮЩЕГО МОДУЛЯ В ОХРАННЫХ СИСТЕМАХ .....	145
<b>Н.С. Егшин, А.А. Конев, А.Ю. Якимук</b> ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА .....	147
<b>И.В. Горбунов, М.О. Калмыков, Е.В. Рассказов</b> БЕЗОПАСНОЕ ХРАНЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В ОБЛАЧНОМ СЕРВИСЕ .....	150
<b>М.А. Гураков, Е.О. Кривоносов, Е.Ю. Костюченко</b> АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ДИНАМИКЕ ПОДПИСИ НА ОСНОВЕ НАИВНОГО КЛАССИФИКАТОРА БАЙЕСА .....	155
<b>Д.И. Игнатьева, Е.О. Кривоносов, М.Д. Томышев, Е.Ю. Костюченко</b> АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ, ПРОВЕРКИ И ОЦЕНИВАНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА» .....	158
<b>Е.О. Кривоносов, Д.И. Игнатьева, М.Д. Томышев, Е.Ю. Костюченко</b> РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО ПРОВЕРКУ ЗАДАЧ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА» .....	161
<b>А.П. Кишнянкин</b> МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ .....	164
<b>Н.А. Литаврин, И.Н. Литаврина, А.А. Лисс, Т.М. Пестунова</b> ВИРТУАЛЬНЫЙ УЧЕБНЫЙ ПОЛИГОН ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК .....	168
<b>В.Б. Майков, К.О. Ступко, Н.Р. Стороженко</b> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ .....	173
<b>М.В. Мейта, В.В. Шиповской, А.С. Романов</b> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НАСТРОЕНИЯ ЛЮДЕЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ .....	176
<b>Д.С. Никифоров</b> МЕХАНИЗМ ЗАЩИЩЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВА СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С СЕРВЕРОМ СБОРА ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ .....	180
<b>А.К. Новохрестов, А.А. Конев</b> МНОГОУРОВНЕВАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АТРИБУТИВНЫХ МЕТАГРАФОВ .....	184
<b>И.А. Рахманенко</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМАНТ И МЕЛ-КЕПСТРАЛЬНЫХ КОЭФИЦИЕНТОВ В КАЧЕСТВЕ ВЕКТОРА ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО ГОЛОСУ .....	188
<b>М.Д. Томышев, Д.И. Игнатьева, Е.О. Кривоносов, Е.Ю. Костюченко</b> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО ПРОВЕРКУ ЗАДАЧ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА» .....	192

<i>А.Н. Вознюк, А.В. Кригер, Г.В. Тумуров, С.В. Козлов, А.А. Загородников, А.П. Кишнянкин</i>	
МОДЕЛЬ УЯЗВИМОСТЕЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ .....	196

## Секция 15

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ И ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

*Сопредседатели секции: Ехлаков Ю.П., д.т.н., профессор, зав. каф. АОИ;  
Сенченко П.В., к.т.н., декан ФСУ, доцент каф. АОИ*

<i>Д.Н. Бараксанов, Д.И. Рубанов, А.И. Назарова</i>	
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА НА КОРПОРАТИВНЫЙ РЫНОК .....	201
<i>М.А. Казанцев, А.И. Легалов, И.В. Чемидов</i>	
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ СКЛАДСКОГО УЧЕТА И КОМПЛЕКТАЦИИ С СИСТЕМОЙ ПЛАНИРОВАНИЯ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРЕДПРИЯТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	205
<i>Я.В. Костелей</i>	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПЕРЕД РАСПОЗНАВАНИЕМ ОБРАЗОВ .....	209
<i>А.И. Лалетина</i>	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ .....	214
<i>А.И. Назарова, Д.И. Рубанов</i>	
ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЫНОК ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ГЕОДЕЗИИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ REST-АНАЛИЗА .....	217
<i>В.А. Онуфриев, Н.В. Пермякова</i>	
ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ .....	221
<i>М.А. Шишанина, П.И. Усачева, В.О. Реннер, А.А. Усов, К.В. Соломин</i>	
РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТОВ .....	225
<i>М.А. Зайцев, И.В. Складов</i>	
ИНТЕГРАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ «ВЕБ-ГИС ВУЗА» И АИС «КОНТИНГЕНТ» .....	229
<i>Ю.А. Стрельцов, А.В. Маслова</i>	
СИСТЕМА ОНЛАЙН-ОТЧЕТНОСТИ ПО SEO .....	232
<i>А.Ю. Вяткин, Д.В. Смирнов, И.А. Кочетов</i>	
МНОГОАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ВОЗМОЖНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ .....	234



<i>М.А. Захаров, Д.М. Иванова, В.В. Кокорышкин, А.А. Терентьева</i> РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА .....	238
--	-----

## **Секция 16**

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ**

*Председатель секции – Дмитриев В.М., д.т.н., профессор, зав. каф. МиСА*

<i>Т.В. Ганджа, О.С. Затик, М.И. Кочергин</i> ОБУЧЕНИЕ БАКАЛАВРОВ ФОРМАЛИЗАЦИИ СЛОВЕСНОГО ПОРТРЕТА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ЕЁ МОДЕЛИРОВАНИИ .....	242
<i>Т.В. Ганджа, С.К. Важеннин</i> КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ СЕКЦИИ ОСУШКИ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА .....	246
<i>В.А. Иртыкеев, Б.Д. Жалсанов</i> РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОРТАЛА КАФЕДРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА .....	250
<i>А.В. Мельников, О.А. Сарычева</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫДАЧИ СПРАВОК С МЕСТА УЧЕБЫ НА ОСНОВЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ.....	254
<i>В.С. Ошлаков</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SDR-ПРИЕМНИКОВ НА БАЗЕ RTL2832U И LABVIEW В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	258
<i>Д.Е. Панов</i> 1С КАК ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ В ВУЗЕ .....	261
<i>С.А. Панов, В.В. Пак, С.А. Стёжкин</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ.....	264
<i>А.В. Шутенков</i> ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ УЧЕБНО-ИЛЛЮСТРАТИВНЫМ МОДУЛЕМ В АНАЛИЗЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА .....	268
<i>И.О. Смирнова</i> АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ПО МАТЕМАТИКЕ.....	271
<i>С.С. Алексеенко, В.В. Ганджа</i> ON-LINE РЕДАКТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ НА БАЗЕ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ MARC .....	275
<i>В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, И.М. Долганов, М.О. Писарев</i> СТРУКТУРА СЕТЕВОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ УПРАВЛЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ..	279
<i>В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа</i> ПОСТРОЕНИЕ МНОГОУРОВНЕВЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.....	284

<b>С.А. Панов, Т.Е. Григорьева</b> ИНТЕРАКТИВНОЕ ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ MARC .....	289
---	-----

#### Секция 17

### ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

*Председатель секции – Пустынский И.Н., д.т.н., профессор каф. ТУ*

<b>А.И. Галашова, М.В. Ли, А.А. Лазарев</b> СЕРВИС IP-ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ .....	294
<b>Е.В. Иващенко, О.П. Мусиенко</b> ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЧАСТЕЙ ТЕЛА НА БИНАРИЗОВАННОМ ИЗОБРАЖЕНИИ ФИГУРЫ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ПРОПОРЦИЙ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА .....	298
<b>А.В. Каменский</b> МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЧЕТКОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИНЕЙНЫМИ АЛГОРИТМАМИ .....	302
<b>В.В. Капустин</b> ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ВНУТРИКАДРОВОМ СЖАТИИ ВИДЕОДАННЫХ .....	305
<b>М.Ю. Маланин</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГОМОМОРФНОГО ФИЛЬТРА ПОВЫШЕНИЯ ЧЕТКОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ .....	310
<b>К.В. Шипунова</b> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ВСТРОЕННОЙ ВИДЕОАНАЛИТИКИ.....	313

#### Секция 18

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУКАХ

*Сопредседатели секции: Боровской И.Г., д.т.н., профессор, зав. каф. ЭМИС;  
Зариговская Н.В., к.ф.-м.н., доцент каф. ЭМИС*

<b>В.С. Зуев, Д.А. Ортеней, Н.А. Трембовецкий, Н.В. Зариговская</b> АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИЮ ТВЕРДЫХ ТЕЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «DEFLAB».....	317
<b>И.Д. Зырин, В.М. Карабан</b> ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ SEM-ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ НА ОСНОВЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КЕРАМИКИ И ЕГО ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ .....	321
<b>С.В. Еремеев</b> ПЕРВОПРИНЦИПНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ НОВЫХ ДВУМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ: СПИН-ГЕЛИКОИДАЛЬНЫЕ ДИРАКОВСКИЕ СОСТОЯНИЯ В ГРАФЕНЕ.....	325

<b>Т.Е. Григорьева, Е.В. Истигечева</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УБОРКИ И ВЫВОЗА СНЕГА .....	326
<b>В.С. Зуев, Д.А. Ортеней, Н.А. Трембовецкий, Н.В. Зариковская</b> РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ .....	331

#### **Секция 19**

##### **ШКОЛА-СЕМИНАР «ЭЛЕКТРОННОЕ ГОСУДАРСТВО: ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО И АДМИНИСТРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ»**

*Председатель секции – Сидоров А.А., к.э.н., доцент каф. АОИ*

<b>А.Э. Чернявская, К.А. Воронкова</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ОКАЗАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ УСЛУГ НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ .....	335
<b>Е.К. Малаховская, М.А. Шишанина</b> ПРОДВИЖЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ: УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ .....	339

#### **Секция 20**

##### **ШКОЛА-СЕМИНАР «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ – 65 ЛЕТ. ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ»**

*Председатель секции – Боков Л.А., к.ф.-м.н., доцент,  
директор департамента образования (проректор по учебной работе)*

<b>И.Н. Пустынский, В.А. Шалимов, М.И. Курачий</b> ОТ ПРИКЛАДНОГО К КОСМИЧЕСКОМУ И ЦИФРОВОМУ ТЕЛЕВИДЕНИЮ ...	344
---	-----

*Научное издание*

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА  
И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

**XI Международная  
научно-практическая конференция**

**25–27 ноября 2015 г.**

**Материалы докладов**

В двух частях  
Часть 2

Корректор – В.Г. Лихачева  
Верстка В.М. Бочкаревой

---

Издательство «В-Спектр»  
Подписано к печати 20.11.2015.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать трафаретная.  
Печ. л. 22,7. Усл. печ. л. 21,2.  
Тираж 250 экз. Заказ 35.

---

Тираж отпечатан ИП Бочкаревой В.М.  
ИНН/КПП 701701817754  
634055, г. Томск, пр. Академический, 13/24, тел. 49-09-91.  
E-mail: bvm@sibmail.com