

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

ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

**X Международная
научно-практическая конференция**

12–14 ноября 2014 г.

Материалы докладов

**В двух частях
Часть 2**

**В-Спектр
Томск – 2014**

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

Э 45 Электронные средства и системы управления: Материалы докладов
X Международной научно-практической конференции (12–14 ноября 2014 г.):
В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2014. – 230 с.
ISBN 978-5-91191-316-8
ISBN 978-5-91191-318-2 (Ч. 2)

Сборник содержит материалы докладов, представленных на X Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления» (Томск, 12–14 ноября 2014 г.), по следующим направлениям: радиотехнические и телекоммуникационные системы; нанoeлектроника 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 № 14-07-20063*

*Часть статей секций 1–18 направлены для публикации
в журнале «Доклады ТУСУРа»*

ISBN 978-5-91191-316-8
ISBN 978-5-91191-318-2 (Ч. 2)

© ТУСУР, 2014
© Коллектив авторов, 2014



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

19 сентября 2013 г. компания Agilent Technologies объявила о разделении на две независимые компании за счет выделения подразделения электронных измерений в самостоятельную компанию. Новая компания – Keysight Technologies – с 01 августа работает как дочернее предприятие Agilent, окончательное разделение планируется завершить в ноябре 2014 г. В свою очередь как самостоятельная компания Agilent Technologies была образована в 1999 г. в результате стратегического разделения компании Hewlett-Packard на HP и Agilent Technologies. Первый измерительный прибор под маркой Hewlett-Packard был выпущен более 70 лет назад.

В настоящий момент компания Keysight Technologies предоставляет самый широкий на рынке спектр контрольно-измерительных решений, в том числе оборудование для радиоизмерений (генераторы сигналов, анализаторы сигналов, анализаторы цепей), осциллографы и приборы общего назначения (мультиметры, генераторы импульсов, системы сбора данных, источники питания, логические анализаторы), решения для проектирования и моделирования (в том числе решения для автоматизации разработки электронных устройств, решения для проектирования высокочастотных/смешанных интегральных схем, решения для электромагнитного моделирования пассивных трехмерных структур произвольной формы, решения для моделирования антенн и пр.), решения для тестирования телекоммуникаций.

В России приборы Keysight Technologies, ранее производимые под маркой Hewlett-Packard/Agilent Technologies, используются уже более 40 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. На постоянной основе ведется работа по включению в Госреестр новых приборов Keysight Technologies.

Среди крупнейших клиентов 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 г. – в Санкт-Петербурге.

Информация о компании Keysight Technologies доступна в сети Интернет по адресу: www.keysight.ru

Генеральный директор ООО «Кейсайт Текнолоджиз» – Смирнова Галина Владимировна.

УДК 615.831.6

**К ВЛИЯНИЮ МОДУЛИРОВАННЫХ ИМПУЛЬСОВ СВЕТА
НА АЛЬФА-АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА**

Е. В. Бугров, К.С. Бразовский, М.Н. Романовский

Рассмотрены результаты электроэнцефалографического анализа влияния модулированных импульсов света аппарата психоэмоциональной коррекции на альфа-активность головного мозга человека.

Ключевые слова: визуальная светотерапия, ЭЭГ-анализ, альфа-активность, психоэмоциональная коррекция.

В естественном диапазоне частот ритмы головного мозга способны синхронизироваться с ритмичными воздействиями на организм импульсами слабого электрического тока (транскраниальная электростимуляция), световыми вспышками (визуальная стимуляция, ВС), звуковыми или тактильными стимулами. Ритмическая стимуляция организма успешно применяется в целях релаксации, психоэмоциональной коррекции, активизации обучения и др. Большое распространение (особенно за рубежом) получили аппараты ВС в виде очков с отдельными светодиодными излучателями для глаз и электронным блоком управления излучателями [1]. Излучатели формируют импульсы света различного спектрального состава, модулированные по амплитуде с одной или двумя перестраиваемыми частотами синхронизации. В большинстве таких аппаратов ВС сочетается с звуковой, реже – с тактильной стимуляцией.

При модуляции света импульсами малой длительности (0,1–0,2 мс) ритмическая стимуляция происходит неосознанно, что создает комфортные условия для совмещения ВС, например, с когнитивной деятельностью. Цель настоящей работы – электроэнцефалографический анализ влияния импульсов света, модулированных по амплитуде на неосознаваемом уровне восприятия, на альфа активность головного мозга.

В работе участвовали студенты – 2 женщины и 7 мужчин в возрасте от 20 до 21 года. Для ВС использовали аппарат психоэмоциональной коррекции [2] с параметрами (рис. 1): длительность импульса света ($T_{\text{и}}$) – 4 с; цвет излучения – зеленый, длина волны – 525 нм; мощность в максимуме импульса света – 7,5 мВт; время переключения излучателей $a-b$ (T_3) – 1 с; длительность импульса модуляции ($T_{\text{м}}$) – 0,2 мс; частота следования импульсов модуляции ($1/T_{\text{п}}$) – (7,8–10,6) Гц; глубина модуляции – 100%. Форма импульсов света соответствовала рис. 1.

ЭЭГ регистрировали монополярно в 8 отведениях, установленных согласно системе 10–20%: лобных (F3, F4), центральных (C3, C4), теменных (P3, P4) и затылочных (O1, O2). В качестве референтных использовали ипсилатеральные ушные электроды. Регистрацию ЭЭГ производили с помощью электроэнцефалографа «Энцефалан-131-03», частота дискретизации сигнала – 250 Гц.

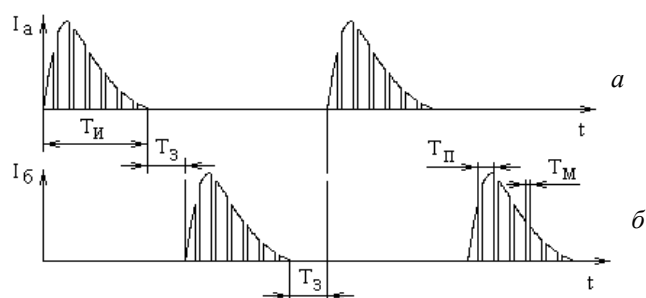


Рис. 1. Сигналы управления правым (а) и левым (б) излучателями

ЭЭГ записывали по схеме: 1) 60 с – фоновая (глаза открыты, ГО); 2) 30 с – глаза закрыты (ГЗ); 3) 30 с – ГО; 4) 240 с – ГО и ВС; 5) 60 с – ГО. Последующую обработку проводили после цифровой фильтрации ЭЭГ в альфа-диапазоне (8–13 Гц). Эпоха анализа составляла 10 с. С перекрытием эпох на 9 с вычисляли мощность альфа-активности от времени как отношение дисперсий сигнала текущей эпохи к первой эпохе фона.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica 7. Уровень значимости (p) гипотезы об однородности генеральных совокупностей попарно связанных выборок оценивали с использованием T -критерия Вилкоксона.

Индивидуальные зависимости относительной мощности альфа-активности (P) от времени (t) для испытуемых полиморфны, но во всех случаях при воздействии ВС обнаруживают характерные всплески альфа-активности, совпадающие по времени для различных отведений (рис. 2).

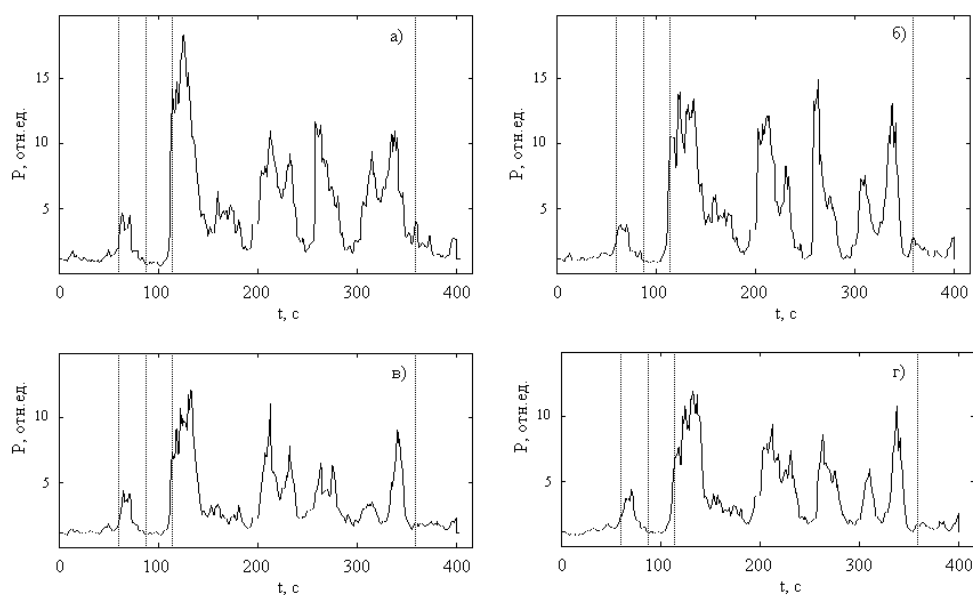


Рис. 2. Пример зависимости относительной мощности альфа-активности от времени в отведениях P_3 (а), P_4 (б), O_1 (в) и O_2 (г)

Всплески мощности альфа-активности под (P_1) и непосредственно после (P_2) воздействия ВС приводят к возрастанию медианных значений P_1 и P_2 по отноше-

нию к фону (P_{Φ}). В теменных и затылочных отведениях эффект более выражен, чем в центральных и среднефронтальных (рис. 3). Уровень значимости (p) гипотезы об однородности попарно связанных выборок P_1 и P_{Φ} не превышает 0,011; для выборок P_2 и P_{Φ} в большинстве отведений $p \leq 0,025$, в отведении F_4 $p = 0,192$.

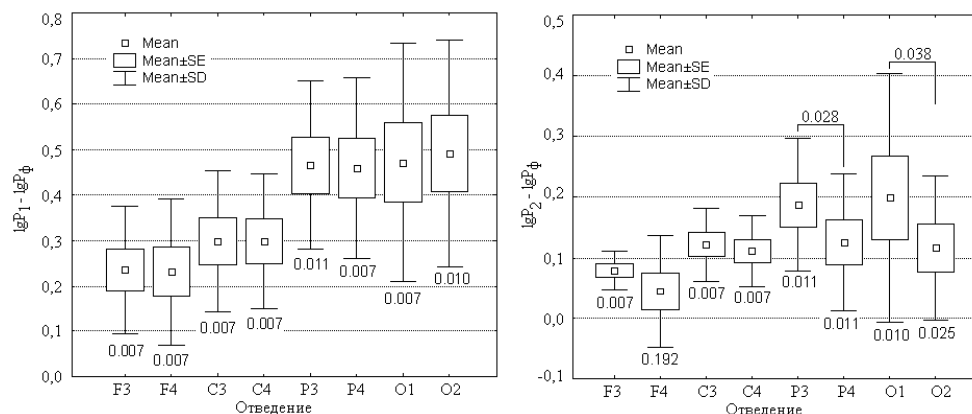


Рис. 3. Диаграммы размаха медианной мощности альфа-активности по отведениям во время (P_1) и после (P_2) воздействия ВС по отношению к фону (P_{Φ}).

Под диаграммами – p для попарно связанных выборок $P_{1,2} - P_{\Phi}$;
над диаграммами – для выборок P_2 в левом и правом полушарии

При воздействии ВС относительные мощности альфа активности по соответствующим отведениям над левым и правым полушариями головного мозга очень близки. Непосредственно после воздействия ВС доминирует альфа-активность в левом полушарии. В теменных и затылочных отведениях доминирование альфа-активности в левом полушарии статистически значимо ($p \leq 0,038$).

Согласно [3] увеличение альфа-активности в левом полушарии головного мозга характерно для релаксации. Положительные эмоциональные состояния коррелируют с усилением альфа-активности в левом полушарии, а отрицательные – в правом полушарии головного мозга [4].

Можно заключить, что поочередное воздействие на периферические поля зрения левого и правого глаза человека световых импульсов аппарата психоэмоциональной коррекции, модулированных с частотой альфа-диапазона, приводит к релаксации, снижению психоэмоционального напряжения организма человека.

Литература

1. Безносюк Е.В. Современные технические аппаратные и компьютерные средства, используемые в психотерапии / Е.В. Безносюк, А.И. Кучинов // Методы современной психотерапии. М.: Изд-во Класс, 2001. С. 437–462.
2. Бугров Е.В. Аппарат визуальной светотерапии / Е.В. Бугров, А.А. Бомбизов, М.Н. Романовский // Доклады ТУСУРа, 2012. № 1 (25), ч. 2. С. 270–272.
3. Фокин В.Ф. Динамическая функциональная асимметрия как отражение функциональных состояний [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://cerebral-asymmetry.narod.ru/Asymmetry_1_2007.pdf, свободный (дата обращения: 08.09.2014).
4. Деглин В.Л. Лекции о функциональной асимметрии мозга человека [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.klex.ru/baw>, свободный (дата обращения: 08.09.2014).

РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО АУДИОМЕТРА

М.В. Горбунов, И.А. Лысенко, Л.А. Патрашану,

Р.В. Мецераков, науч. рук.

Предложена разработка портативного аудиометра, основанного на воздушном и костном звукопроведении. Разработан алгоритм работы аудиометра, составлены функциональная и электрическая схемы исследуемого устройства.

Ключевые слова: аудиометр, костная проводимость, воздушная проводимость, функциональная схема, электрическая схема.

Цель и актуальность проекта. Целью проекта является создание электроакустического прибора для измерения остроты слуха – аудиометра, основанного на воздушной и костной проводимости. Аудиометры предназначены для оценки функционального состояния слухового анализатора человека путем определения порогов слышимости по воздушному и костному звукопроведению путем сравнения слуха обследуемого с характеристиками, эквивалентными порогу слышимости нормального человека.

Актуальность проблемы обусловлена, прежде всего, необходимостью оказания специализированной помощи пациентам с ушной патологией. По данным статистики Всемирной организации здравоохранения, 7% населения страдают нарушением слуховой функции. По данным Минздрава России нарушениями слуха в нашей стране страдают примерно 6% населения. В России, насчитывается 12 миллионов больных с нарушением слуха, в том числе детей и подростков более 600 тыс. [1].

Применение портативного скринингового аудиометра позволит врачам-отоларингологам своевременно направлять пациентов на хирургическое лечение. Также портативный прибор легко перевозить, а значит, можно использовать на выезде, в телеметрической медицине. В перспективе портативный аудиометр может быть у каждого отоларинголога в кабинете. Таким образом, для практического здравоохранения крайне актуальным является вопрос создания недорогого портативного диагностического устройства, позволяющего провести полное исследование слуха у пациента, своевременно назначить лечение и предотвратить стойкую тугоухость и инвалидность больных [2].

Исследуя рынок аудиометрии, можно увидеть массу дорогих аудиометров отечественного и зарубежного производства. Крупнейшими производителями аудиометров в мире являются компании «Entomed» (Швеция), «WelchAllyn» (США), «Interacoustics» (Дания) и компания «Maico» (Германия), из отечественных производителей найдена только одна компания «Биомедилен», выпускающая одну марку поликлинического аудиометра АА-2.

Проведен патентный поиск, объектом исследования стала аудиометрия как область измерений для диагностических целей. Ретроспектива поиска составила 15 лет. Классификационный индекс МПК А61В5/12. Согласно патентному поиску было найдено 72 патента. Аналогичных патентов предлагаемой разработки не было найдено [3].

За эти 15 лет наблюдается стабильный рост интереса к объекту исследования, появляются новые виды аудиометров, в разработку вкладываются финансовые средства, что говорит о том, что выбранная область весьма перспективна.

Разработка портативного аудиометра. К данному моменту разработки аудиометра были составлены функциональная и электрическая схемы. Функциональная схема аудиометра представлена на рис. 1.

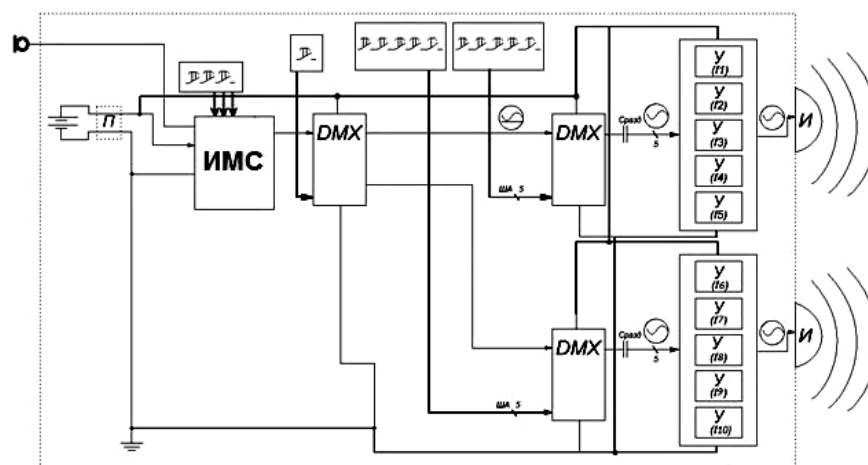


Рис. 1. Функциональная схема аудиометра: П – преобразователь напряжения питания; ИМС – интегральная микросхема ISD1416; У – усилительный каскад; И – излучатель вибрации; DMX – демультиплексор; ША – шина адреса

Данные схемы соответствуют ГОСТ 27072–86 «Генераторы сигналов диагностические звуковые. Аудиометры. Общие технические требования и методы испытаний» [4]. Также были произведены расчет числовых характеристик элементов электрической схемы (элементов управления, питания, усиления, фильтрации, индикации) и размещение их с последующей трассировкой с использованием системы автоматизированного проектирования PCAD. Трассировка электрической схемы представлена на рис. 2. Была рассмотрена элементная база, подходящая для создания разрабатываемого прибора.

Алгоритм работы устройства будет заключаться в следующем:

1. Выбор вида проводимости с помощью переключателя – костной или воздушной.
2. Пользователь при помощи кнопок управления выбирает необходимые вид и интенсивность сигнала.
3. Микроконтроллер на встроенном ЦАП выдает сигнал с неоткалиброванным размахом напряжения.
4. На демультиплексоре сигнал направляется на калибровочные усилители (в зависимости от частоты). Демультиплексором управляет контроллер, задавая необходимый адрес.
5. На калибровочных усилителях реализуется необходимый размах напряжения.
6. Частота и уровень выбранного сигнала отображаются на индикационной панели, состоящей из 12 светодиодов.

Ядром проектируемого аудиометра будет являться микроконтроллер STM32F405RGT6. Предполагается, что он будет отвечать за генерацию необходимых сигналов для костного и воздушного вибраторов: шести синусоид разной частоты, шума и голоса. В качестве тестовых фраз для проверки остроты слуха были выбраны фразы из ГОСТ Р 51061–97 «Системы низкоскоростной передачи

Вид сигнала и частота будут выбираться с помощью переключателей. Светодиоды будут использоваться для индикации выбранного сигнала. Использование светодиодов позволит сэкономить как на себестоимости прибора, так и на энергии.

На данном этапе проектирования был исследован воздушный излучатель (наушник) для проведения исследования воздушной проводимости. Был выбран излучатель типа ТДС-6. Также был изучен костный вибратор В-71.

Следующим этапом разработки предполагается сборка прибора и проведение испытаний. Также по возможности планируется уменьшить размеры прибора по сравнению с аналогами. Себестоимость продукта также обещает быть несколько ниже, чем у существующих приборов.

1. Альтман Я.А., Таварткиладзе Г.А. Руководство по аудиологии. М.: ДМК Пресс, 2003. 360 с.

2. Базаров В.Г., Лисовский В.А., Мороз Б.С., Токарев О.П. Основы аудиологии и слухопротезирования. М.: Медицина, 1984. 256 с.

3. Дипломный проект «Аудиометр портативный, основанный на костной проводимости» / Нигматуллин Р.Ф. Томск: Томский университет систем управления и радиоэлектроники; ФВС, 2010. 94 с.

4. ГОСТ 27072–86 Генераторы сигналов диагностические звуковые. Аудиометры. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1986. 35 с.

УДК 615-83

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ В ПРОЦЕССЕ ГОЛОСОВОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ ГОРТАНИ

Л.Н. Балацкая, С.С. Харченко

Биологическая обратная связь является нефармакологическим методом реабилитации с использованием специального программного обеспечения для регистрации, усиления и «обратного возврата» пациенту физиологической информации. Основной задачей метода является обучение саморегуляции, обратная связь облегчает процесс обучения физиологическому контролю. Разрабатываемое программное обеспечение делает доступной для пациента информацию, в обычных условиях им не воспринимаемую.

Ключевые слова: реабилитация, БОС, псевдоголос, гортань, рак.

Каждый год в России около полумиллиона больных получают диагноз рак. Из них примерно у 7–8% обнаруживают именно рак гортани. Это связано в первую очередь с распространенным в нашей стране табакокурением и алкоголизмом. Более 60% заболевших находятся в трудоспособном возрасте. В отличие от других видов онкологических заболеваний, даже в случае успешного лечения больным сложно вернуться к полноценной жизни. Это связано с тем, что на поздних стадиях заболевания необходимо полное удаление гортани – голосообразующего органа. После удаления гортани больным необходима реабилитация.

Для восстановления голоса используется несколько способов. Наиболее распространённые способы:

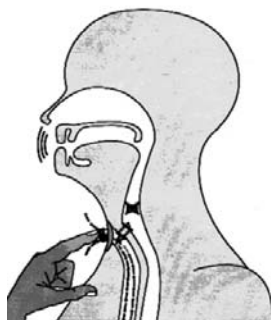


Рис. 1. Процесс голосообразования после установки голосового протеза

– голосовые протезы и аппараты;

– выработка пищевого голоса (псевдоголоса).

Использование протезов и аппаратов имеет несколько значимых недостатков:

– высокая стоимость;

– быстрый износ (около 3 лет);

– необходимость закрывать трахеостому в шее во время разговора (рис. 1).

Для выработки псевдоголоса в Томском НИИ онкологии используется методика тренировок, состоящая из трех основных этапов:

– выработка псевдоголоса;

– определение длительности фонации;

– определение частоты основного тона (ЧОТ).

На каждом из этапов используются методы, основанные на биологической обратной связи (БОС). Это означает, что при достижении определенных резуль-

татов, которые заранее определяются логопедом в процессе реабилитации, выдается положительное подкрепление (рис. 2).



Рис. 2. Схема информационных потоков в методах, основанных на БОС

Преимуществами выработки псевдоголоса, основанной на методах БОС, являются:

- неинвазивность;
- дешевизна;
- эффективность.

После прохождения речевой реабилитации в случае ее успешного исхода человек научится разговаривать, и эта способность останется у него на всю жизнь на уровне рефлексов, точно так же, как маленький ребенок, научившись говорить, уже никогда этого не забудет. Суть методов, основанных на БОС, заключается в преобразовании полученной информации в доступную для человека форму. То есть в ходе тренировки на каждом из этапов заранее устанавливается задание на тренировку. На первом этапе это мощность звукового давления псевдоголоса, издаваемого пациентом. На втором – длительность фонации заданная в миллисекундах. На третьем – определенная частота основного тона (ЧОТ). Как только достигается значение, установленное логопедом, выдается положительное подкрепление, мотивирующее пациента и позволяющее ему понять, как работает его голосообразующая система после хирургического вмешательства.

Сегодня в процессе реабилитации, как правило, используются методы, преобразующие полученную информацию в статические зрительные образы. Как показывают результаты использования данных методов [1], срок реабилитации составляет 4–5 недель и не всегда имеет ожидаемые результаты. Это связано с использованием только статических зрительных образов. Как показывают исследования, в области аудиовизуального восприятия [2] при зрительном сигнале звук сокращает время реакции на 5–10%. Этот результат демонстрирует возможность влияния звука на зрительное восприятие.

Таким образом, использование аудиовизуального посыла в качестве положительного подкрепления вместо статических зрительных образов позволит улучшить качество проводимых тренировок, а именно, ускорит процесс привыкания к реабилитационным мероприятиям. Что поможет в дальнейшем скорректировать существующую методику таким образом, чтобы уменьшить срок реабилитации, либо при тех же сроках улучшить результаты тренировок. Так как бывают пациенты, которым недостаточно 4–5 недель для полной реабилитации, предлагаемые изменения методик вполне могут иметь место. Также стоит отметить, что использование аудиовизуальных посылов при правильном подборе аудиосоставляющей позволит снизить психоэмоциональное напряжение пациентов в процессе реабилитации. Психоэмоциональное состояние пациента имеет одну из решающих составляющих реабилитации, так как противопоказаниями к методам, основанным на БОС, как раз являются различные вариации психоза. В качестве аудиосоставляющих аудиовизуальных посылов рекомендуется использовать зву-

ки близкие к классическому направлению музыки. Это связано в первую очередь с тем, что исследования показывают, что на людей в возрасте от 30 лет композиции данного стиля влияют исключительно благоприятно. У таких испытуемых улучшилось общее состояние, в частности, повысился уровень активности, улучшилось настроение, а также снизился уровень тревоги. Как отмечают логопеды, работающие с больными во время реабилитации, чувство тревоги нередко возникает у больных, перенесших операции по частичному или полному удалению гортани, что мешает занятиям. Возможность снижения состояния тревоги у пациентов положительно способствовало бы процессу реабилитации и проведению тренировок, основанных на БОС.

Литература

1. Корнилов А.Ю. Управление процессом речевой реабилитации с использованием биологической обратной связи. Диссертационная работа.
2. Ye Wang, Simona Celebrini, Yves Trotter, Pascal Barone. Visuo-auditory interactions in the primary visual cortex of the behaving monkey: Electrophysiological evidence. BMC Neuroscience. 2008, 9:79.

УДК 34.57.25

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КАТЕТЕР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРДЕЧНЫХ АРИТМИЙ

Я.Н. Подскарбий, А.С. Семенов, Н.М. Федотов

Разработана конструкция диагностического катетера для стимуляции сердечной ткани и регистрации электрограмм при инвазивных электрофизиологических исследованиях. Показана возможность изготовления катетеров, армированных дополнительной полиамидной трубкой.

Ключевые слова: диагностический катетер, полиуретановая трубка, дистальный конец.

Задачи электрофизиологического исследования и использование диагностических катетеров. Одним из средств лечения органов тела с внутренними полостями минимально инвазивным образом является использование катетеров для проникновения во внутренние органы и сосуды в пределах полости тела. Электродные или электрофизиологические катетеры используются в медицинской технике много лет. Они применяются для стимулирования и картирования электрической активности сердца [1]. При проведении процедуры электродный катетер с имеющимися на дистальном кольце электродами вставляется в крупную вену или артерию (чаще всего бедренную) и затем проводится в камеру сердца, где и происходит стимуляция сердечных тканей и запись электрограмм с дистальных электродов.

Основной проблемой является тот факт, что данные катетеры должны быть стерильными и использоваться однократно, так как имеют прямой контакт с биологической средой – кровью пациента. Для проведения одного исследования необходимо как минимум два катетера. Тем самым подобные процедуры являются дорогими, так как стоимость катетеров достаточно высока.

Для уменьшения стоимости электрофизиологических исследований необходимо, чтоб себестоимость расходных материалов катетеров была наименьшей. Этого можно достичь путем изменения технологии, методов изготовления кате-

теров, а также при развитом производстве данных электродов на внутригосударственном рынке. На данный момент на территории Российской Федерации нет предприятий, занимающихся изготовлением диагностических электродов-катетеров для электрофизиологических исследований. Разработка собственной технологии изготовления, использование соответствующих материалов отечественного производства позволят сделать подобные исследования более доступными путем уменьшения стоимости на расходные материалы.

Цель. Разработать высокотехнологичный диагностический катетер для проведения электрофизиологических исследований.

Материалы и методы. Анализ публикаций по проектированию и изготовлению внутрисосудистых катетеров показал, что на данный момент ведущими фирмами-изготовителями диагностических катетеров являются такие компании, как Medtronic (США), Biosense Webster (США) и др. Катетеры данных компаний выпускаются в широком спектре их возможностей: управление, многополюсная диагностика, выжигание поврежденных тканей (абляционные катетеры). В основе конструкции данных катетеров лежит полиуретановая армированная трубка. Армированный полиуретан придает жесткость проксимальной части катетера.

В имеющихся видах катетер содержит продолговатый корпус, дистальный конец, разъем для подключения к системе электрофизиологического картирования. Дистальный конец расположен дистально относительно корпуса, разъем расположен проксимально относительно корпуса катетера. Дистальный конец включает в себя дистальный электрод, а также кольцевые электроды, расположенные на соответствующем расстоянии относительно дистального электрода. Корпус катетера является гибким, но несжимаемым по длине. Тело катетера может быть выполнено из любого подходящего для этих целей материала, например полиуретана, армированного сеткой из нержавеющей стали.

Полная длина катетера варьируется в зависимости от сферы его применения, но предпочтительная длина находится в пределах от 90 до 120 см, более предпочтительно – в пределах примерно от 100 до 110 см.

Размер стенки катетера варьируется в зависимости от размера катетера. Под размером катетера понимается максимальный диаметр вводимой части катетера в интродьюсер. Для неуправляемых диагностических катетеров размер катетера составляет 2,00 мм, или 6F (Френч-французская шкала диаметра катетеров, обычно используется для измерения наружного диаметра цилиндрических медицинских инструментов, включая катетеры).

Однако использование армированного полиуретана для придания жесткости телу катетера не всегда удовлетворяет необходимым требованиям.

Результаты. В предлагаемой конструкции катетера в качестве материала для изготовления тела катетера, а также дистального конца используется неармированный полиуретан. Трубки из полиуретана обладают хорошей биологической совместимостью с тканями организма, резистентны к адгезии микроорганизмов, атравматичны, гемосовместимы [2].

Для точного позиционирования под контролем рентгеноскопии полиуретановые трубки производятся с добавлением соответствующих рентгеноконтрастных материалов.

Для придания гибкости и жесткости проксимальной части катетера применяется полиамидная трубка, которая обладает высокими механическими свойствами (прочностью, гибкостью). Данная трубка устанавливается внутрь полиуретановой. Полиамидная трубка, тянущаяся по всей длине проксимальной части ка-

тетера, содержит в себе проволоку из нержавеющей стали (стиллет). Данный стилет придает соответствующую степень гибкости и жесткости проксимальной части. Помимо стилета, тело катетера содержит в себе медные проводники малого сечения, соединяющие разъем с дистальным и кольцевыми электродами. Количество проводников зависит от количества кольцевых электродов, находящихся на дистальном конце катетера. На рис. 1 представлен продольный вид в разрезе тела катетера.

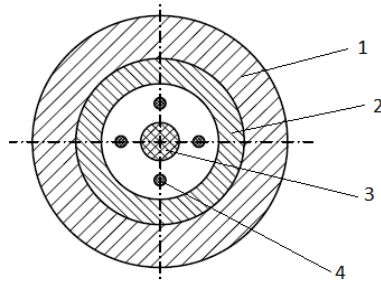


Рис. 1. Продольный вид в разрезе тела катетера:
1 – неармированная полиуретановая трубка;
2 – полиамидная трубка; 3 – стальной стилет;
4 – медные проводники (4 шт.)

Дистальный конец катетера представляет собой часть неармированной полиуретановой трубки определенной длины. Длина дистального конца зависит от типа катетера и его назначения. Через технологические отверстия на дистальном конце на поверхность катетера выведены проводники. На место технологических отверстий с выведенными проводниками соответствующим методом устанавливаются кольцевые электроды. Также на дистальный конец катетера устанавливается концевой электрод. На рис. 2 представлен продольный вид в разрезе дистального конца катетера.

Для подключения катетера к системе электрофизиологического картирования применяются разъемы REDEL (Швейцария) серии, ориентированной для использования в медицинской электронике. Данные разъемы могут выдерживать воздействия пара или этиленоксидную стерилизацию, обеспечивают широкий выбор конфигураций контактов [3]. На рис. 3 представлен разъем REDEL различных размеров.

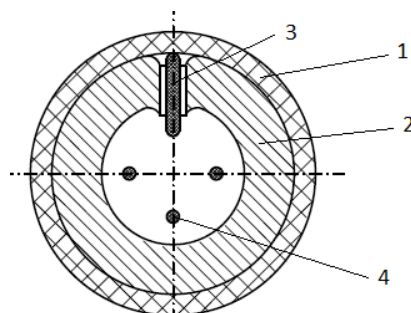


Рис. 2. Продольный вид в разрезе дистального конца катетера: 1 – кольцевой электрод; 2 – полиуретановая трубка; 3 – медный проводник, выведенный на поверхность; 4 – медные проводники



Рис. 3. Разъемы REDEL [3]

Заключение. Разработан кардиологический неуправляемый катетер для электрофизиологических исследований. Изготовлен опытный образец продукта, армированный дополнительной полиамидной трубкой. На данный момент проводятся технические и гигиенические испытания, необходимые для регистрации медицинского изделия.

Литература

1. Пат. 2 506 965 РФ, МПК А61М 25/01, А61В 5/042, А61В 18/14. Силоизмерительный катетер с присоединенной центральной распоркой / Селки Томас Вайно (US). № 2 009 133 735/ 14; заявл. 08.09.2009; опубл. 20.02.2014. Бюл. № 5. 32 с.
2. Трубки из полиуретана [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.medsil.ru/trubki.html>, свободный (дата обращения: 02.09.2014).
3. Самозащелкивающиеся пластиковые разъемы с направляющим ключом для применения в медицине [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.lemo.com/ru/plastic-connector/seriya-redel-p>, свободный (дата обращения: 02.09.2014).

УДК 004.415.2.031.43

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ

А.С. Старчак, К.В. Оверчук, А.А. Порхунов, А.А. Уваров, И.А. Лежнина

Проводится обзор существующих видов датчиков для снятия биопотенциалов сердца. Рассматриваются плюсы и минусы используемых повсеместно видов датчиков и преимущества современных разработок в этой области.

Ключевые слова: датчик, электрод, электрокардиография.

Электрокардиограмма (ЭКГ) – достаточно широко известный метод измерения и анализа функциональных возможностей сердца. Измерение ЭКГ, как правило, делается путем измерения небольших электрических изменений, которые вызваны сердечной мышцей во время каждого сокращения. Это выглядит как небольшой рост напряжения между электродами, которые находятся на коже в области грудной клетки. Электроды обычно либо одноразовые влажные, которые используются в больницах, или сухие электроды, которые обычно используют амбулаторные пульсометры.

Различные виды электродов и типы их размещения могут использоваться в зависимости от каждой конкретной ситуации. Вид применения определяет, сколько необходимо электродов. Иногда достаточно два электрода, но для некоторых случаев необходимо десять и более электродов. Самое простое измерение ЭКГ может быть сделано с помощью двух электродов, как правило, размещенных на груди пациента, по одному с каждой стороны сердца, где сигнал ЭКГ имеет наибольшую амплитуду. Двух электродов достаточно для базовых измерений, таких как измерения сердцебиения. На данный момент для большинства медицинских целей используется более двух электродов. Другие комбинации пар электродов помогают «увидеть» сердце с различных углов. Это помогает более детально исследовать сердечно-сосудистую систему сердца и обнаружить, где именно локализовано то или иное заболевание.

Мокрые электроды. Диагностика пациента, как правило, делается с помощью обычных одноразовых хлорсеребряных (Ag/AgCl) электродов. Эти электроды обеспечивают отличное качество сигнала для ответственных измерений ЭКГ, но они также обладают некоторыми недостатками. Одним из них является необходимость подготовки кожи, а именно бритье и очистка кожи спиртовыми салфетками перед присоединением. Также влажные электроды могут приводить к раздражению кожи при длительном использовании. Для того чтобы избежать реакции кожи, приходится каждый день менять место их прикрепления.

Необходима также частая замена электродов, потому что гель высыхает во время использования. По большей части из-за используемого геля эти электроды также могут вызвать аллергические реакции.

Поскольку эти электроды прикрепляются к коже с помощью клейкой поверхности, это может вызывать механическое или химическое раздражение, но главное раздражение может быть вызвано при микроразрыве тонкого слоя кожи при удалении электродов.

Сухие электроды. Электроды, которые работают без геля, клея и не нуждаются в предварительной подготовке кожи, называются сухими. Они используются в научно-исследовательской деятельности и во время выполнения физических упражнений в течение длительного времени [1].

Самая большая проблема сухих электродов – артефакты движения, которые значительно выше, чем для влажных электродов. Артефакты движения уменьшаются со временем, так как электрод и кожа под ним становятся увлажненными из-за выделения пота после нескольких минут использования. Пот также работает в качестве электролита и заполняет мелкие поры кожи, что улучшает проводимость.

Существует множество возможных материалов для сухих электродов:

- жесткие материалы, такие как металлы или керамические пластины;
- гибкие материалы, такие как резина, пены или ткани.

В качестве материала для сухих электродов пытались использовать многочисленные металлы, такие как нержавеющая сталь, серебро и алюминий. После тестирования некоторые материалы были отклонены из-за своих свойств. Например, алюминий имеет проблемы, поскольку он окисляется из-за пота при длительном использовании. Многие исследования доказали, что нержавеющую сталь можно считать одним из лучших материалов не только из-за её производства, но также из-за доступности и цены.

Одной из распространенных проблем жестких электродов является то, что они могут легко скользить по коже, что приводит к потере связи и некоторой наводке между электродами [2].

Стабильный контакт между электродом и кожей имеет важное значение для всех традиционных электродов. Жесткие электроды страдают от артефактов движения в основном по двум причинам: отсутствие геля и нежелательное движение электродов на коже. Гибкий и мягкий электрод адаптируется к форме тела во время движения и, следовательно, уменьшает артефакты движения. Мягкость и лучшую адгезию можно получить, увеличивая относительную площадь контакта электрода и соответственно уменьшая сопротивление, таким образом уменьшая артефакты движения.

Гибкие сухие электроды могут быть изготовлены, например, из пенопласта, покрытого проводящим материалом, проводящей резины или проводящего материала, который интегрирован в ткань. Такой материал может быть использован в одежде, например в спортивных футболках, или это может быть отдельный ремешок с передатчиком. В связи с более сложной структурой гибких электродов с ними чаще могут происходить некоторые механические проблемы, в отличие от жестких электродов.

Оба вида электродов страдают от шума, помех и артефактов движения, но частично в различной степени. Сухие электроды более подвержены артефактам движения сразу после начала применения, но когда выделяется пот и заполняет пробел между электродом и кожей, разница между этими видами электродов

становится несущественной [3]. Чтобы понять, почему мокрый и сухой электроды ведут себя иначе, необходимо понять причины, которые вызывают шумы, помехи и артефакты движения.

Одна из самых больших проблем обоих датчиков – сетевые помехи. Это вмешательство приходит из линий электропередач переменного тока и имеет частоту 50 или 60 Гц. Из-за своего источника эта помеха неизбежно присутствует в любом клиническом применении. Для уменьшения этой помехи используется схема RLD (Right Leg Drive).

Артефакты движения являются результатом двух причин. Первая – это изменения потенциала кожи во время механической деформации, а вторая – изменение механического контакта между электродом и кожей.

Отсутствие стандартных методов измерений в сочетании с изменением импеданса кожи в связи со многими факторами, такими как сезон, время и обстоятельства, делает объективное сравнение различных электродов трудно выполнимым. При сравнении электродов друг с другом, должны быть рассмотрены все измерительные характеристики системы, а не сами электроды. В качестве примера можно привести стандартные усилители, которые сделаны для мокрых электродов на основе геля и, таким образом, не могут быть оптимальными для использования с сухими электродами [1].

Бесконтактные электроды. Шагом к повышению точности снятия биопотенциалов и удобства использования в повседневной жизни стало изобретение бесконтактных (емкостных) электродов. Медицинское сообщество проявило огромный интерес к датчикам бесконтактного типа, к которым, в частности, относятся емкостные датчики EPIC (Electric Potential Integrated Circuit), разработанные фирмой Plessey Semiconductors, в связи с широкими возможностями измерения физиологических показателей на поверхности человеческого тела [3]. Эти датчики представляют собой совершенно новую область сенсорных технологий, они измеряют изменения в электрическом поле подобно тому, как магнитометр обнаруживает изменения в магнитном поле и не требует ни механического, ни резистивного контакта для проведения измерений. Эти датчики могут найти применение в таких областях, как электрокардиография (ЭКГ), электромиография (ЭМГ), электроэнцефалография (ЭЭГ) и электроокулография (ЭОГ). Емкостный датчик может быть использован, например, в качестве замены традиционной технологии мокрого (гелевого) электрода при снятии ЭКГ, потому что этот датчик не требует ни геля, ни других веществ, улучшающих качество контакта. Для получения качественного ЭКГ-сигнала достаточно расположить датчик на теле пациента или в непосредственной близости от него. Датчик позволяет решать широкий круг задач – от простого кардиомониторирования до более сложных клинико-диагностических исследований. В последнем случае он может быть использован в качестве замены регистрации в традиционных 12 отведениях, когда электроды расположены на конечностях и туловище пациента для получения более четкой картины того, как работает его сердце. Набор емкостных датчиков, установленный на груди человека, может заменить традиционные системы, при этом датчики демонстрируют аналогичную или даже лучшую разрешающую способность.

На рис. 1 представлена принципиальная схема блока EPIC-датчика. Размер электродов показан условно и зависит от входной емкости, необходимой для конкретного применения. Для тел, расположенных близко к электроду, размер

электрода имеет значение, и работу устройства можно рассматривать с точки зрения емкостной связи.

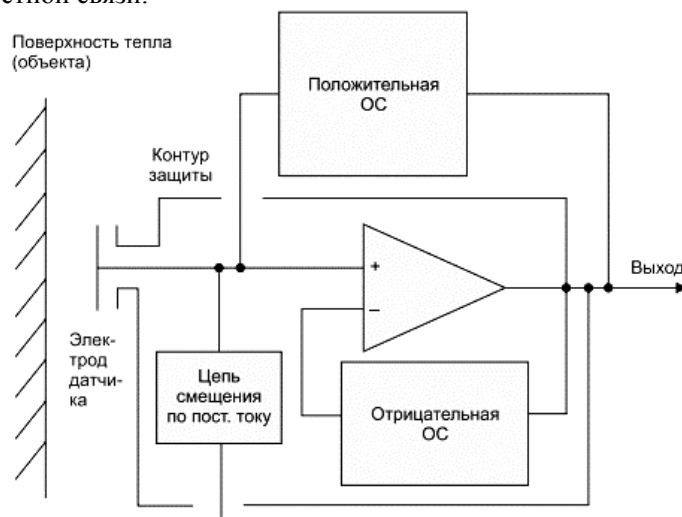


Рис. 1. Блок-схема датчика ЕРІС

Для устройств, которые находятся на расстоянии нескольких метров, емкостная связь определяется только собственной емкостью электрода, и отклик устройства в значительной степени является функцией входного импеданса, тем, как он взаимодействует с полем. Как это ни удивительно, для функционирования в активном режиме датчику ЕРІС достаточно очень небольшого количества энергии, получаемого от внешнего поля. Входное сопротивление устройства может быть повышено путем использования компенсационной обратной связи, в то время как входная емкость может быть уменьшена блокировочными цепями. Таким образом, удастся достичь уровня входной емкости в 10–17 Ф с входным сопротивлением, имеющим значение примерно 1015 Ом, при этом обеспечивается минимальное влияние на поле исследуемого объекта и гарантируется наличие только малых токов смещения между датчиком и объектом.

На рис. 2 показано сравнение результатов, полученных с помощью ЕРІС и традиционных мокрых электродов для отведений II и AVL [4]. Эти два отведения имеют особое значение в диагностике, например, такого заболевания, как окклюзия коронарной артерии.

Конечно, ЭКГ – это только одна из областей применения емкостных датчиков. Например, не вызывает сомнения, что датчики будут востребованы в системах контроля физиологического состояния операторов на опасных производствах, водителей всех видов транспортных средств, включая и общественный транспорт. Их будут использовать также для индивидуального мониторинга здоровья и контроля нагрузок в спорте высоких достижений, в телемедицине, при массовой диспансеризации, в системах визуализации, виртуальной реальности и т.д.

Емкостные датчики не являются единственным способом бесконтактной регистрации ЭКГ, на которое направлено повышенное внимание, сейчас снова оживились исследования и разработки датчиков бесконтактного типа, основанных на других принципах работы: магниторезистивные, оптоэлектронные, радиолокационные и др.

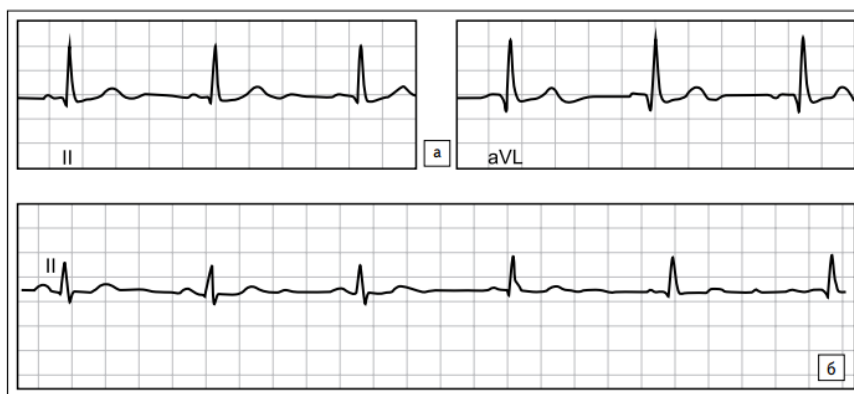


Рис. 2. Записи ЭКГ, показывающие результаты, полученные с помощью:
а – емкостных датчиков; б – традиционных мокрых электродов

Коллективом кафедры ИИТ ТПУ ведутся исследования по разработке датчиков для измерения ЭКГ без прямого контакта с кожей (через тонкий слой одежды).

Литература

1. Mezziane N., Webster J.G., Attari M., Nimunkar J. Dry electrodes for electrocardiography. 2013 (date of retrieval 3.10.2013).
2. Gruetzmänn A., Hansen S., Miller J. Novel dry electrodes for ECG monitoring. 2007 (date of retrieval 5.11.2013).
3. Searle A., Kirkup L. A direct comparison of wet, dry and insulating bioelectric recording electrodes. 2000. Date of retrieval 7.10.2013.
4. Harland C.J., Peters N.S. et al. A compact electricpotential sensor array for the acquisition and reconstruction of 7-lead ecg without electrical charge contact with the skin // Physiol. Meas. 2005. № 26.

УДК 004.942

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОЛОСООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПАТОЛОГИИ

С.Д. Тиунов

Предложена модель голосообразования при наличии болевых ощущений в области гортани. Приведена общая структура предлагаемой модели, рассмотрены используемые модели голосовых складок и ноцицепции, а также предложены уравнения для организации прямой и обратной связей между ними.

Ключевые слова: голосовые складки, ноцицепция, математическое моделирование.

Моделирование голосообразования используется в задачах синтеза речи и медицинских исследованиях с момента разработки первых моделей голосовых складок в 1960-х гг. С того времени было предложено несколько базовых моделей, используемых повсеместно: одно-, двух- и трехмассовые модели [1–3]. На их основе разрабатываются и применяются различные вариации моделей: симметричные и несимметричные, стационарные и нестационарные, многомассовые

[4]. Также следует отметить использование метода конечных элементов для наиболее точного моделирования физики голосообразования.

В данной работе была предпринята попытка моделирования голосообразования при ларингите. Ларингит – это воспаление слизистой оболочки гортани [5], которое характеризуется следующими эффектами:

- 1) опухание голосовых складок, что может вызвать охриплость и даже блокировать дыхательные пути;
- 2) боли, не позволяющие процессу голосообразования совершаться полноценно и в динамике;
- 3) нарушение нормального функционирования близлежащих рецепторов нервной системы.

В данной статье рассматривается работа голосовых складок при болевых ощущениях. Деятельность нервной системы, связанная с восприятием боли, называется ноцицепцией. Было обнаружено, что численное моделирование ноцицепции не очень широко распространено. Тем не менее существует теория ворот боли, а также математическая модель, которая соответствует этой теории и позволяет смоделировать несколько практически наблюдаемых эффектов ноцицепции [6].

В рамках данного исследования была разработана модель голосообразования при ноцицепции, которая включает в себя модель голосовых складок и модель ноцицепции, а также вводит некоторые зависимости для организации прямой и обратной связи между этими моделями. Схема предлагаемой совмещенной модели представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема предлагаемой модели

В качестве базовой модели голосовых складок используется трехмассовая модель [3]. В ней моделируется одна голосовая складка в виде трех масс, соединенных упругими пружинами, как показано на рис. 2. Входными переменными для данной модели являются геометрические и физические параметры голосовых складок (такие, как длина, ширина, масса, коэффициент упругости и т.п.), а выходными переменными – звуковой сигнал $s(t)$ и давление на складки $p(t)$.

Для более удобного и корректного управления моделью голосовых складок использовалась модель мышечного управления [7]. Благодаря этой модели геометрические и физические параметры трехмассовой модели становятся зависимыми от условных уровней активации мышц гортани и вследствие этого не могут выйти за пределы допустимых значений. В свою очередь уровни активации мышц – это безразмерные величины $u(t)$ с фиксированной областью значений (от 0 до 1).

Структура модели ноцицепции показана на рис. 3. Входными переменными этой модели являются частоты импульсов двух волокон – длинного $A\beta$ (x_i) и короткого $A\delta$ или C (x_s). При этом считается, что короткие волокна возбуждают ноцицепцию, а длинные – напротив, тормозят (в этом и состоит моделирование теории ворот боли). Далее эти волокна соединяются с тормозящим (I – inhibitory) и возбуждающим (E – excitatory) нейронами, а также передающим ноцицептором или нейроном широкого действия (T – transmission) и ответственным нейроном среднего мозга (M – midbrain), как это показано на рис. 3. В качестве показателя воспринимаемой боли авторами модели предлагается считать значение потенциала V_i или V_m .

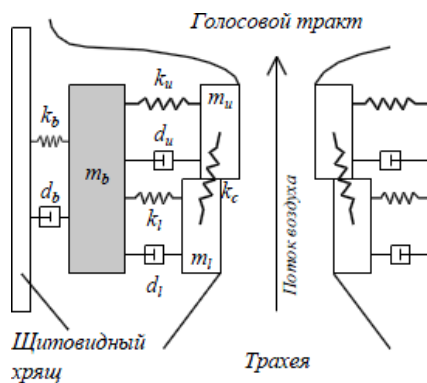


Рис. 2. Трехмассовая модель голосовых складок

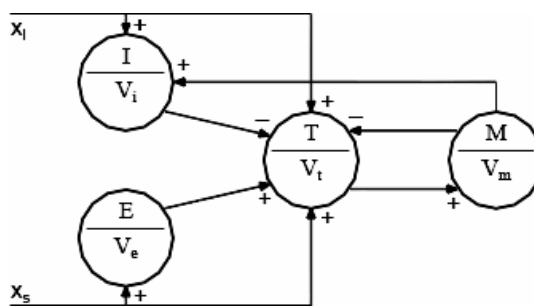


Рис. 3. Модель ноцицепции

Таким образом, входные переменные для модели ноцицепции – это частоты импульсов на коротких и длинных нервных волокнах, а выходные переменные – потенциалы на ответственных нейронах.

Для организации прямой связи был произведен обзор экспериментальных данных по чувствительности нейронов в нормальном состоянии и при гипералгезии (повышенной чувствительности нейронов). В результате анализа в качестве основы для модели чувствительности нейрона была выбрана работа [8]. Собственно модель чувствительности нейрона предлагается в виде зависимости частоты импульсов $x(t)$ нервного волокна от давления $p(t)$:

$$x(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } p(t) - p_t \leq 0; \\ k \cdot (p(t) - p_t), & \text{если } p(t) - p_t > 0, \end{cases}$$

где k – коэффициент пропорциональности, Гц/Па; p_t – порог активации нервных волокон ноцицепторов.

В найденных исследованиях предложенной зависимости параметры зависимости k и p_t различные, однако во всех экспериментальных результатах значения k практически не зависят от того, воспаленная ткань или нет. В свою очередь, значения порога активации нервных волокон напрямую зависят от наличия воспаления. Исходя из этих предположений, были выбраны значения параметров k и p_t для нормальной и воспаленной ткани:

$$k \approx 1,1459 \times 10^{-3} \text{ Гц/Па}, \quad p_t \approx 4400 \text{ Па} \quad \text{– для нормальной ткани};$$

$$k \approx 1,1459 \times 10^{-3} \text{ Гц/Па}, \quad p_t \approx 400 \text{ Па} \quad \text{– для воспаленной ткани}.$$

Графики базовой экспериментальной и модельной зависимостей, характеризующих чувствительность ноцицепторов, приведены на рис. 4.

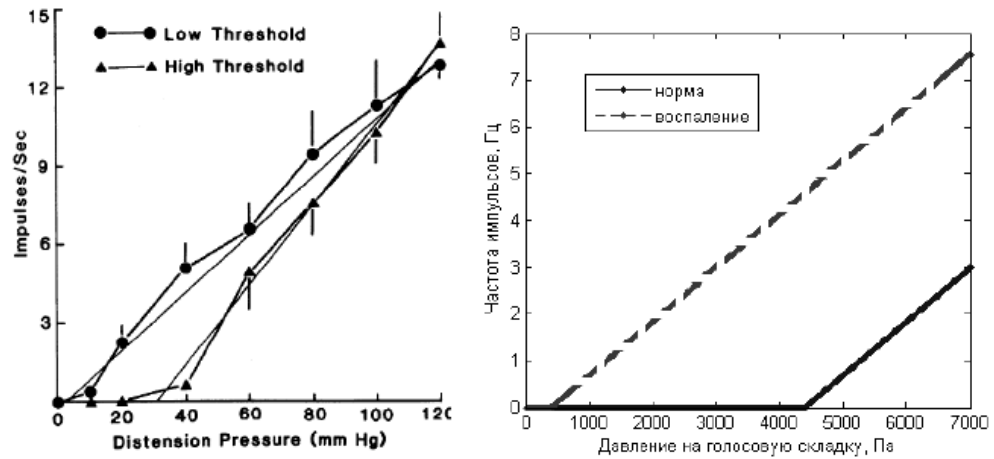


Рис. 4. Графики экспериментальных [8] и модельных данных по чувствительности нейронов

Для организации обратной связи каких-либо исследований найдено не было, поэтому была выбрана наиболее простая модель зависимости уровня активации мышцы от потенциала ответственного нейрона:

$$\frac{da}{dt} = \begin{cases} -\frac{a - a_{\min}}{T} \cdot \left(\frac{V - V_{\text{thr}}}{V_{\text{thr}} - V_{\min}} \right)^2, & \text{если } V > V_{\text{thr}}; \\ -\frac{a - a_0}{T} \cdot \left(\frac{V - V_{\text{thr}}}{V_{\text{thr}} - V_{\min}} \right)^2, & \text{если } V < V_{\text{thr}}, \end{cases}$$

где a – текущее значения уровня активации мышцы; $a_{\min}$ – нижний порог уровня активации; a_0 – целевое значение уровня активации; V – текущее значение потенциала нейрона; $V_{\min}$ – минимальное значение потенциала; V_{thr} – значение потенциала, при котором нейрон начинает передавать импульсы, T – временная константа, выбираемая эмпирически (в данной работе значение T было выбрано равным 60 с).

То есть если ответственный нейрон регистрирует боль ($V > V_{\text{thr}}$), то уровень активации стремится к значению $a_{\min}$, а если не регистрирует – то к значению a_0 .

Предлагаемая математическая модель в целом представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений. Данная система была решена численно с помощью метода Рунге–Кутты 4-го порядка в пакете программ MATLAB. С помощью данной модели удалось смоделировать охриплость: искажение тембра и кратковременную потерю голоса.

Литература

1. Flanagan James L., Landgraf L.L. Self-oscillating source for vocal-tract synthesizers // IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics. 1968. T. AU-16. P. 57–64.
2. Ishizaka Kenzo, Flanagan James L. Synthesis of voiced sounds from a two-mass model of the vocal cords // Bell System Technical Journal. 1972. T. 51. P. 1233–1268.
3. Story Brad H., Titze Ingo R. Voice simulation with a body-cover model of the vocal folds // Journal of the Acoustical Society of America. 1995. T. 97, № 2. P. 1249–1260.
4. Cveticanin L. Review on Mathematical and Mechanical Models of the Vocal Cord // Journal of Applied Mathematics. 2012. P. 18. URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/928591>

5. Максимов И. Фониатрия. М.: Медицина, 1987. 288 с.
6. Britton N. F., Chaplain M.A.J., Skevington Suzanne M. The role of Nmethyl-D-aspartate (NMDA) receptors in wind-up: A mathematical model // Mathematical Medicine and Biology. 1996. Т. 13, № 3. P. 193–205. URL: <http://imammb.oxfordjournals.org/content/13/3/193.abstract>.
7. Titze Ingo R., Story Brad H. Rules for controlling low-dimensional vocal fold models with muscle activation // The Journal of the Acoustical Society of America. 2002. Т. 112, № 3. P. 1064–1076. URL: <http://link.aip.org/link/?JAS/112/1064/1>.
8. Sengupta J.N., Saha Joy K., Goyal Raj K. Stimulus-Response Function Studies of Esophageal Mechanosensitive Nociceptors in Sympathetic Afferents of Opossum // Journal of Neurophysiology. 1990. Т. 64, № 3. URL: www.esophagusonline.org/Publications/1991-03.pdf

УДК 621.856.8

**ВЛИЯНИЕ ФОНА НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФИГУРЫ
ДВИЖУЩЕГОСЯ ЧЕЛОВЕКА НА ИЗОБРАЖЕНИИ**

М.О. Абрамов, М.Ю. Катаев

Проведён анализ работы следующих алгоритмов распознавания движения на изображениях: разница кадров, адаптивный смешанный гауссовский метод, адаптивный медианный метод. Изучены основные факторы фона, влияющие на качество распознавания движущегося объекта, определены наиболее благоприятные условия для максимальной эффективности алгоритмов, проведено сравнение методов между собой.

Ключевые слова: адаптивный смешанный гауссовский метод, адаптивный медианный метод, проблемы распознавания движения, походка человека.

Во многих приложениях видеоинформации (медицина, контроль, спорт и др.) появляется необходимость выделения движущейся фигуры человека. Любое изображение как элемент состоит из двух частей: объект (фигура человека, foreground) и фон (background). До настоящего времени вот уже много лет, проблема выделения фона является центральной при решении многих задач обработки изображений. Это связано с тем, что на каждом изображении из последовательности фон не является стационарным, так как его характеристики могут значительно меняться. Кроме того, исследуемый объект может перемещаться по полю изображения, что дополнительно усложняет обнаружение и удаление фона. В таких условиях фигура человека, как правило, выделяется не совсем точно, что выражается в уменьшении или увеличении площади фигуры человека, ее разорванности, появлении элементов тени.

Нами [1] выполняется работа, связанная с изучением походки человека. Одним из приложений этой методики является применение ее к определению походки человека в постинсультный период при изучении влияния реабилитации на параметры походки. Точность определения параметров походки напрямую связана с выделением на изображении фигуры человека и расчетом на основе ее центра масс. Понятно, что наличие изменений площади и формы фигуры приводит к появлению неточности в определении положения центра масс.

В данной работе нами изучается влияние разнообразных методов [2–4] выделения фона на выделение фигуры человека.

Проблемы распознавания движения. Факторы, влияющие на качество выделения фигуры, можно условно разделить на внешние и внутренние. К внешним факторам мы отнесём характеристики, воздействующие на окружающую среду записи, такие как освещение, фон, туман, отражение света при движении человека, тень и др.; внутренние факторы – низкое качество записи устройства съёмки, аппаратные шумы.

Фон можно классифицировать на динамический и статический, однородный и неоднородный. Под динамическим фоном подразумевается движение, возникающее при изменении угла съемки записывающего устройства (например, у вращающихся камер видеонаблюдения). Статический фон остаётся неизменным на протяжении всей записи. Однородный представляет собой плоскость одного цвета, на фоне которой выполняется движение. Примером может служить съемка спецэффектов в современных фильмах, когда актеры проходят на фоне зелёных поверхностей и потом фоновая картина создаётся при компьютерной обработке.

Очевидно, что самое высокое качество распознавания возникает при обработке записи, созданной при специальном освещении, с использованием хорошей аппаратуры и на однородном фоне. Однако в реальных условиях далеко не всегда есть возможность соблюдать эти правила. Поэтому мы решили исследовать, каким образом недостаточно хорошие условия записи сказываются на устойчивости некоторых алгоритмов распознавания движения.

Анализ, выводы. На вход для обработки алгоритмами поступает изображение (рис. 1). На нём в левой части находится кадр без движения, лишь с фоновой составляющей. Следующий кадр, находящийся в правой части, отображает движение. Движением считается изменение цветов пикселей последующих кадров от цветов пикселей фона. При зрительном анализе мы четко видим появившийся обрезанный человеческий силуэт. Разрешение кадра составляет 1920 пикселей в ширину и 1080 в высоту.

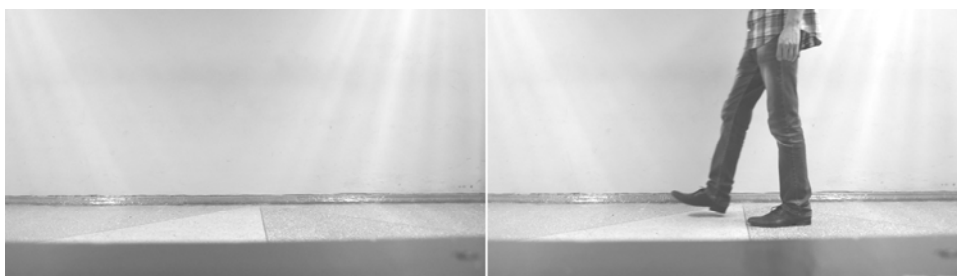


Рис. 1. Входные данные

На рис. 2 можно увидеть результаты обработки входных данных тремя алгоритмами: обычная разница кадров [2], адаптивный медианный метод [3] и продвинутая адаптивная смешанная гауссовская модель [4]. Полученные изображения конвертируются к бинарному виду с выделенными белыми и черными пикселями, в которых было определено движение и его отсутствие соответственно.

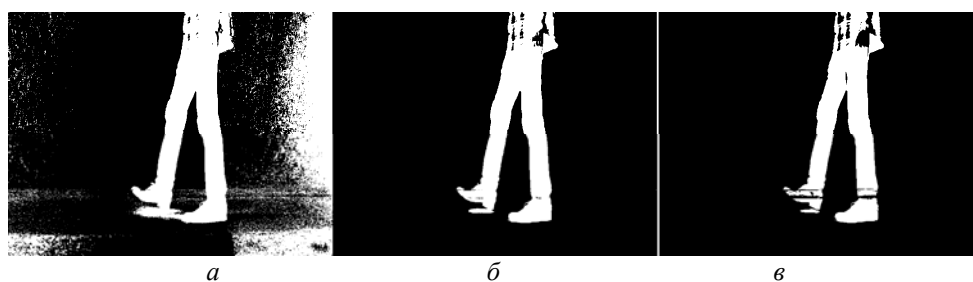


Рис. 2. Результат работы алгоритмов: *а* – обычное вычитание кадров; *б* – адаптивный медианный метод; *в* – продвинутый адаптивный смешанный гауссовский метод

Как видно из рис. 2, *а*, обычное вычитание кадров создаёт множество помех ввиду неустойчивости алгоритма к небольшим сменам контрастности в фоне, которые возникают, к примеру, благодаря отражению света от движущегося человека. Также явно выражено наличие тени, которую алгоритм воспринимает за движение, несмотря на то, что она не является частью фигуры. Однако его плюсом является достаточно однородно выделенный силуэт лишь с мелкими проблесками. Размеры силуэта немного расширены.

Медианный метод (рис. 2, *б*), в свою очередь, отделяет небольшие изменения цветов пикселей от сильных, тем самым четко отделяя возникающие шумы от фигуры человека. Тень практически отсутствует, однако добиться полного её отсутствия, используя этот метод, не получится. Фигура человека довольно однородна, но размеры просветов больше, чем при обычном вычитании. Размеры сохранены правильно.

Продвинутый гауссовский метод, как и медианный, отделяет помехи от движения, при этом однородность фигуры нарушается, появляются разрезы и довольно большие просветы. В данном методе лучше, чем у остальных, отслеживается тень, тем самым она практически исчезает из результирующего изображения. Размеры метод не изменяет.

Наиболее сильное влияние плохого фона ярко выражено в простых алгоритмах вычитания. Однако при низком качестве записи и схожих оттенках в фоне и элементах движущегося объекта даже более сложные алгоритмы дают сбои (такие, как появления просветов и разрезов фигуры, рис. 2, *б*, *в*). Нами для дальнейшей работы был взят за основу алгоритм [4], так как возникающая разорванность силуэта может ликвидироваться путём применения различных морфологических операций.

Таким образом, проанализировав результаты, мы видим, что любые алгоритмы имеют как сильные, так и слабые стороны. Алгоритм стоит подбирать в зависимости от цели конечного проекта. Следует также отметить, что методы [3] и [4] включают в себя переменную скорость обучения. Благодаря этому с каждым новым обработанным кадром качество определения движения в последующих увеличивается. Этот факт необходимо учитывать, если требуется обработка продолжительных записей.

Литература

1. Катаев М.Ю. Определение и анализ двигательной активности постинсультного пациента из потока изображений / М.Ю. Катаев, С.Г. Катаев, Н.Г. Катаева, В.А. Чистякова // Информатика и системы управления. Медицинская информатика. 2012. №4(34). С. 43–50.
2. Шальнов Е., Кононов В., Конушин В. Алгоритм вычитания фона, основанный на поблочных классификаторах // Proc. GraphiCon. 2010. P. 227–230.
3. McFarlane N.J.B., Schofield C.P. Segmentation and tracking of piglets in images, Journal of Machine Vision and Applications, 1995. Vol. 8, № 3. P. 187–193.
4. KaewTraKulPong P., Bowden R. An improved adaptive background mixture model for real-time tracking with shadow detection // Video-Based Surveillance Systems. 2002. P. 135–144.

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ЦЕНТРА МАСС ФИГУРЫ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ ДВИЖЕНИЯ

М.О. Абрамов, М.Ю. Катаев

Описан подход численного измерения походки человека на основе изменений положения центра тяжести в двумерной плоскости, получаемых в результате обработки изображений. Описаны основные преимущества подхода. Приведён пример получения отдельной характеристики и описана её зависимость от клинического периода у пациента.

Ключевые слова: анализ походки человека, центр масс.

Информативная ценность биологических и механических параметров походки человека давно привлекает внимание ученых [1]. Ходьба человека является многопараметрическим процессом, который включает в себя все элементы опорно-двигательного аппарата и нервных центров. Этот сложный процесс связан с регуляцией временных, пространственных и динамических параметров для получения устойчивой формы перемещения (нормальная походка). При возникновении нарушений отдельных элементов процесса возникает новый, патологический тип походки. Таким образом, изучая особенности как нормальной, так и патологической походки человека, можно проводить различного рода функциональные диагностики различных вариантов походки.

В настоящее время существуют сложные, дорогостоящие установки, которые позволяют определять множество параметров походки человека. Однако для человека, чья походка изучается, исследования являются долгими по времени и обременительными по специальному инструментарию (маркеры), который навешивается на него. Кроме того, анализ записанных в ходе измерений данных является длительным процессом. Заметим, что типичная процедура клинических измерений связана лишь с наблюдением за походкой и в редком случае анализом данных измерений.

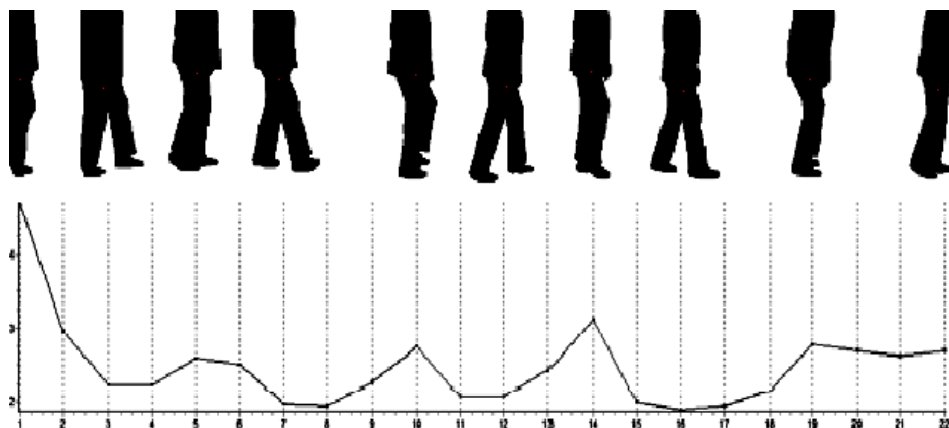


Рис. 1. График изменения положения центра тяжести человека с нарушенной походкой

Нами [2] предлагается использовать результаты измерений движения человека (походки) обычной цифровой камерой с последующей обработкой изображений соответствующими математическими алгоритмами. Последовательность

шагов обработки изображений связана с очисткой изображений от шумов, приведением изображений к одинаковым условиям, выделению фигуры человека и по ней оценкой центра масс. Центр масс [1] является индикатором ходьбы человека и всех ее изменений.

В результате обработки последовательности изображений, на которых изображены отдельные элементы нескольких шагов, оцениваются следующие параметры: временные и пространственные показатели – длина шага, ширина шага, а также кинематические характеристики – скорость, ускорение и энергия передвижения.

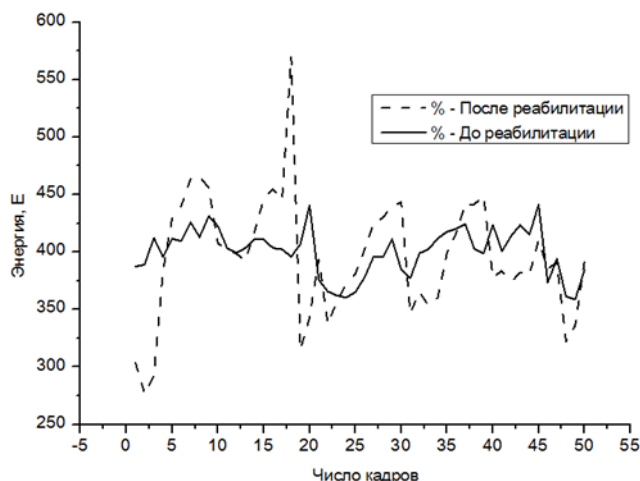


Рис. 2. Изменение энергии движения человека

Некоторые результаты обработки данных потока изображений походки человека, перенесшего инсульт, приведены на рис. 1 и 2. Видно, что в первый период времени, до реабилитации, элементы походки являются существенно нарушенными. Проведение реабилитационных действий позволяет получить результат, который выражается в существенном улучшении характеристик походки (на рис. 2 каждый пик пунктирной линии связан с отдельным шагом).

Таким образом, полученные нами результаты позволяют из набора изображений выделить характеристики походки человека в виде набора параметров. Этой информации достаточно для изучения походки в медицинских целях, спорта или контроля за состоянием человека.

Литература

1. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М.: Наука, 1990. 496 с.
2. Катаев М.Ю. Определение и анализ двигательной активности постинсультного пациента из потока изображений / М.Ю. Катаев, С.Г. Катаев, Н.Г. Катаева, В.А. Чистякова // Информатика и системы управления. Медицинская информатика. 2012. №4(34). С. 43–50.

НАСТРОЙКА КОНСЕКВЕНТОВ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПОМОЩИ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ РОЕМ СВЕТЛЯЧКОВ

М.М. Антонов

Предлагается использование алгоритма оптимизации роём светлячков для настройки параметров консеквентов нечеткой системы. Затем приводится описание предложенного алгоритма. В завершении статьи приводится планируемая область применения данного метода.

Ключевые слова: алгоритм оптимизации роём светлячков, нечеткая система, параметры консеквентов.

Нечеткое моделирование. Моделирование является основной методологией познания действительности, так как очень часто по тем или иным причинам нет возможности изучать саму систему [1]. Строгое математическое описание изучаемой системы позволяет проводить качественный и количественный анализ ее свойств. Однако процесс составления полноценной математической модели требует от разработчика высокого уровня математических знаний и навыков. И поэтому математические модели зачастую составляются специалистами-математиками, а не исследователями какой-либо предметной области или проблемы. Исследователь, в свою очередь, способен дать лингвистическое толкование изучаемой системы при помощи различных описаний и правил.

Именно поэтому нечеткое моделирование, являющееся эффективным инструментом преобразования этих лингвистических правил и описаний в математические алгоритмы и формулы, развивается уже достаточно давно и имеет сформированные стандартные процедуры и методы [2].

Постановка задачи. В настоящее время в практическом применении весьма популярными являются системы типа синглтон. Система такого типа выполняет отображение из входного пространства $A \subset \mathfrak{R}^n$ в выходное пространство $B \subset \mathfrak{R}^n$. Пример i -го правила в данной системе:

$$\text{if } x_1 = A_{1i} \text{ and } x_2 = A_{2i} \text{ and ... and } x_n = A_{ni} \text{ then } y = r_i,$$

где A_{ij} – лингвистический терм, которым оценивается переменная x_i ; r_i – значение консеквента i -го правила.

Нечеткая система задает отображение $f: \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}$:

$$f(x) = \sum_{i=1}^R \mu_{A_{1i}}(x_1) \cdot \dots \cdot \mu_{A_{ni}}(x_n) \cdot r_i \Bigg/ \sum_{i=1}^R \mu_{A_{1i}}(x_1) \cdot \dots \cdot \mu_{A_{ni}}(x_n)$$

и может быть представлена как $y = f(x; \theta, r)$, где $\theta = [\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n]$ – вектор параметров антецедентов; $r = [r_1, r_2, \dots, r_R]$ – вектор параметров консеквентов.

Пусть имеется обучающая выборка $\{(x_p, t_p) | p = 1, \dots, m\}$. Тогда ошибка нечеткой системы описывается следующим вектором:

$$e = [e_1, e_2, \dots, e_m]^T,$$

где $e_p = t_p - f(x_p, \theta, r)$.

Значение данной ошибки будет минимальным тогда, когда значение выражения

$$\sum_{i=1}^M e_i^2 = e^T e$$

будет минимальным. В данной работе предлагается применение алгоритма оптимизации роём светлячков для настройки значений вектора r как одного из спо-

собов минимизации ошибки, так как данный метаэвристический алгоритм относительно новый и для решения данной задачи еще не применялся.

Алгоритм оптимизации роем светлячков (Glowworm Swarm Optimization, GSO). Алгоритм GSO предложили в 2005 г. Кришнананд (K.N. Krishnanand) и Гхоус (D. Ghose) [3]. Состояние светлячка s_i , $i \in [1:|S|]$ определяют следующие переменные: X_i – его текущее положение в пространстве поиска; l_i – уровень светимости (luciferin level); r_i – радиус окрестности (neighborhood range). Основным содержанием каждой итерации является обновление значений указанных переменных.

Уровень светимости светлячка s_i обновляем по формуле

$$l'_i = (1 - p) l_i + \gamma \phi(X_i), \quad i \in [1:|S|],$$

где p , γ – положительные свободные параметры алгоритма, моделирующие распад флуоресцирующего вещества и привлекательность светлячка. Отличные от нуля значения параметра p обеспечивают алгоритм памятью. Параметр γ определяет относительные веса текущей светимости агента и значения его фитнес-функции.

Светлячок s_j считается соседом светлячка s_i ; $i, j \in [1:|S|]$, $i \neq j$ при выполнении двух следующих условий: евклидово расстояние между этими светлячками не превышает радиус окрестности r_i ; текущий уровень светимости светлячка s_j превышает этот же уровень светлячка s_i , т.е. $l_j > l_i$. Если светлячок имеет несколько соседей, то случайным образом выбираем одного из них с вероятностью пропорционально уровням их светимости (правило рулетки).

Положим, что по рассмотренной схеме светлячком s_i выбран светлячок s_j . Тогда новое положение светлячка s_i определяет формула

$$X'_i = X_i + \lambda \frac{X_j - X_i}{\|X_j - X_i\|_E}, \quad i, j \in [1:|S|], \quad i \neq j,$$

где λ – постоянное значение шага (свободный параметр алгоритма).

Новый радиус окрестности светлячка s_i определяем в соответствии с выражением

$$r'_i = \min(r_{\max}, \max(0, (r_i + \epsilon(n - |N_i|))))), \quad i \in [1:|S|],$$

где N_i – текущее множество соседей светлячка s_i ; r_i – максимально допустимый радиус окрестности; n – желательное число соседей; ϵ – положительная константа. Последние три величины являются свободными параметрами алгоритма.

Алгоритм также имеет различные модификации [4].

Данный метод планируется использовать как модуль настройки параметров консеквентов для существующего аппроксиматора.

Литература

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 320 с.
2. Tron E., Margaliot M. Mathematical modeling of observed natural behavior: a fuzzy logic approach // Fuzzy Sets and Systems. 2004. Vol. 146. P. 437–450.
3. Krishnanand K.N., Ghose D. Glowworm swarm optimization for simultaneous capture of multiple local optima of multimodal functions // Swarm Intelligence. 2009. Vol. 3, № 2. P. 87–124.
4. Крапенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов // Информационные технологии. Приложение к журналу (Москва). 2012. №7. С. 7–8.

СИСТЕМА НАКОПЛЕНИЯ ЗНАНИЙ (ЭЛЕКТРОННЫЙ ДЕКАНАТ)*И.В. Ботнаренко, Я.К. Кротов, И.С. Куренков, Д.С. Терентьев*

Проанализирована и создана база данных «Электронный деканат». Также была проанализирована, развернута и протестирована система «Электронный деканат (Free Dean's Office)». В итоге была создана функционирующая рейтинговая система студентов кафедры КИБЭВС для общего пользования, и в данный момент система «Электронный деканат (Free Dean's Office)» находится на этапе внедрения в учебный процесс кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС) Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР).

Ключевые слова: анализ, учебный план, ФГОС, оценки, база данных, информация, знания, программирование, электронный деканат, FREE DEAN'S OFFICE.

Многие отечественные вузы при внедрении информационных технологий в управление учебным процессом сталкиваются с отсутствием подходящего открытого ПО, а также высокой стоимостью имеющихся на рынке решений автоматизации для вузов. Первоочередной задачей Open Source проекта «Электронный деканат» является адаптация СДО Moodle к особенностям организации учебного процесса в отечественных учебных заведениях, а в перспективе – разработка гибкой системы автоматизации бизнес-процессов в вузах. Система разрабатывается как модуль СДО Moodle и сама имеет развитую модульную архитектуру, позволяющую адаптировать ее под потребности каждой организации без модификации кода базовой системы.

Выбирая средства для реализации дистанционного обучения, многие учебные заведения обращают свой взгляд на СДО Moodle. И это не случайно. Moodle очень удобна для решения этой задачи. Среди ее достоинств кроссплатформенность, русифицированный дружественный интерфейс, обширная справочная система, широкий набор методов подачи материала. Одним из основных достоинств является универсальность с точки зрения организации учебного процесса – СДО Moodle реализует среду обучения, в которой студенты могут взаимодействовать с учебными материалами, с преподавателями и друг с другом. Это является ключом к универсальности Moodle, позволяя применять эту систему для организации самых разных видов обучения в организациях разных типах.

Однако в Moodle нет групп, как их понимают в отечественных учебных заведениях, учебного плана, расписания, ведомостей и других неотъемлемых атрибутов реального учебного процесса практически любого нашего образовательного заведения.

Поэтому организации, начинающие внедрение Moodle, сталкиваются с проблемой организации учебного процесса, обеспечения отчетности, а также контроля за учебным процессом.

Таким образом, существует насущная потребность в адаптации СДО Moodle к традициям отечественной системы образования. Данную задачу призвана решить система «Электронный деканат» для СДО Moodle.

Free Dean's Office (электронный деканат) – это модуль для среды дистанционного обучения Moodle, который добавляет возможность управления процессом обучения, типичным для российских школ, колледжей и вузов. Free Dean's Office

позволяет оперировать такими объектами, как «Специальность», «Дисциплина», «Курс» («Параллель»), «Академическая группа» («Класс»), «Семестр» («Учебный год»), «Учебный план слушателя», «Нагрузка преподавателя», «Итоговые оценки по дисциплинам», «Расписание», «Текущие оценки и посещаемость», «Журнал успеваемости и посещаемости», «Зачетная книжка» («Дневник»), «Табельный номер преподавателя» и т.д.

Free Dean's Office является свободным программным обеспечением и распространяется под лицензией GNU GPL. Разрабатывается как публичный проект на сайте <http://sourceforge.net/projects/freedeansoffice/>. Активную поддержку проекту оказывают ГОУ Центр образования «Технологии обучения» и ряд других организаций.

Целью данной работы является создание «Электронного деканата», являющегося основным механизмом учебного процесса. Разработка этой системы проводилась на примере кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС) Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР).

В соответствии с этим были решены важнейшие задачи, стоящие перед нами в процессе выполнения работы:

- анализ и создание базы данных «Электронный деканат»;
- анализ, развертка, заполнение и тестирование системы «Электронный деканат (Free Dean's Office)»;
- внедрение системы «Электронный деканат (Free Dean's Office)» в учебный процесс.

В результате того, что каждый вуз пробует найти свои подходы к автоматизации учебного процесса, большинство образовательных учреждений несут дополнительные издержки на разработку собственных систем при отсутствии гарантий достижения поставленных целей. При этом используемые подходы зачастую несовместимы и не позволяют построить единое информационное пространство, удобное для образовательных учреждений. Автоматизированная информационная система «Электронный деканат», на наш взгляд, менее громоздка, проста в установке и эксплуатации, обеспечивает полный набор функций, она дешевле, и, как нам кажется, ее высокие технологические свойства позволяют рекомендовать ее как типовую вузовскую программу.

Основной функцией «Электронного деканата» является хранение и обработка информации о ходе учебного процесса и его участниках, а также автоматизация взаимодействия между тремя участниками учебного процесса по электронной форме обучения: администрация – преподаватель – студент. «Электронный деканат» позволяет выполнять ряд функций традиционного деканата на более технологичном уровне, значительно сокращая время выполнения определенной работы традиционного деканата.

Разрабатываемая система «Электронный деканат» представлена на рис. 1.

Связка СДО Moodle + «Электронный деканат» полезна организациям, которые внедрили или только собираются внедрять дистанционное обучение, прежде всего вузам, но не только им: модульная архитектура и открытость исходных кодов дает возможность адаптации под нужды любых организаций. ЭД дает возможность автоматизации управления учебным процессом и переноса привычной среды очного обучения на дистанционные курсы. Кроме того, ЭД разрабатывается российским сообществом программистов. Это дает легкую и быструю обрат-

ную связь и возможность принять участие в разработке нужных вам возможностей, тем самым сэкономив время, силы и деньги.

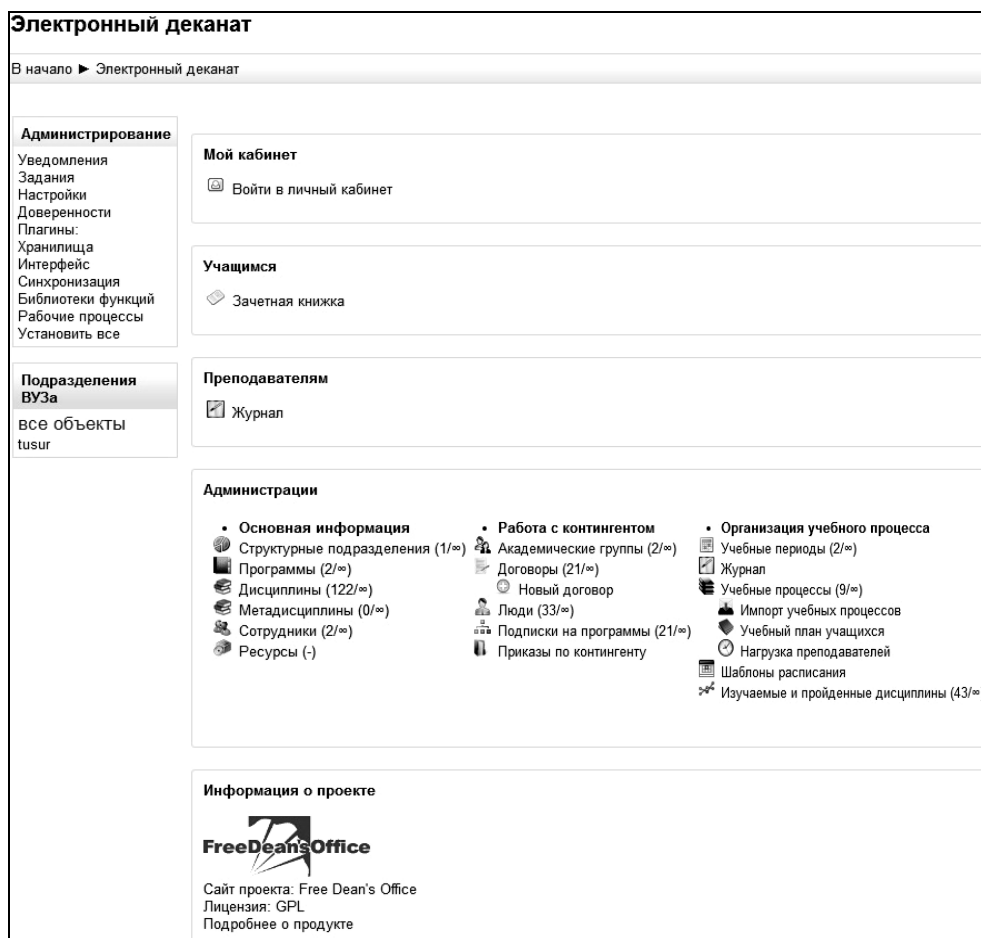


Рис. 1. Разрабатываемая система «Электронный деканат»

Литература

1. Сведения о преподавателях и студентах.
2. Учебный план по специальностям КОИБАС и ПиТЭВС.
3. Сайт проекта Free Dean's Office (Электронный деканат) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.deansoffice.ru/> (дата обращения: 11.04.2014).
4. Сообщество разработчиков Free Dean's Office [Электронный ресурс]. URL: <http://www.infoco.ru/course/view.php?id=19> (дата обращения: 12.04.2014).
5. Документации по Free Dean's Office [Электронный ресурс]. URL: http://docs.deansoffice.ru/ru/Заглавная_страница (дата обращения: 13.04.2014).

РАЗРАБОТКА РОБОТА ТЕЛЕПРИСУТСТВИЯ «ФОТОН»

А.В. Котов, Д.С. Пнев, Д.А. Смагилов, Е.С. Шандаров

Рассматриваются вопросы разработки, построения и испытаний прототипа бытового робота телеприсутствия. Созданный прототип используется для отработки подходов при создании бытовых роботов: интерфейс управления, связь между компонентами системы, организация доступа к роботу через беспроводную сеть.

Ключевые слова: робототехника, робот телеприсутствия.

Бытовая робототехника – будущее потребительской электроники. Многочисленные маркетинговые исследования, проведенные в последние несколько лет, утверждают, что одним из перспективных направлений сектора потребительской электроники является бытовая робототехника. Роботы-помощники выполняют рутинную работу, освобождая хозяевам время для других дел. Можно сказать, что развитие домашней робототехники началось с применения стиральных и посудомоечных машин, так как они выполняли определенные работы по заданным алгоритмам без участия хозяина. На данный момент популярностью пользуются роботы-пылесосы. Эти устройства способны автоматически убирать пол в жилище в отсутствие хозяина.

Роботы телеприсутствия. Одним из перспективных типов роботов для домашнего использования являются роботы телеприсутствия. Как нам представляется, именно роботы телеприсутствия станут вторым типом бытовых роботов после пылесосов, которые станут активно покупать потребители.

Робот телеприсутствия позволяет обеспечить удаленное «присутствие» пользователя в каком-то месте. Классическими роботами телеприсутствия являются луноходы и марсоходы. Удаленный оператор, руководствуясь трансляцией с камеры робота, передаваемой по каналам связи, осуществляет управление роботом.

Целью данной работы является построение прототипа домашнего робота телеприсутствия. Робот должен обладать следующими характеристиками:

- робот должен функционировать в домашней сети WiFi, подключение к Интернет осуществляется с помощью обычного домашнего роутера;
- управление роботом может осуществляться как изнутри домашней сети WiFi, так и из внешних сетей общего доступа;
- для управления роботом должны использоваться устройства под управлением iOS или Android;
- для просмотра видео, транслируемого с робота, должен использоваться стандартный браузер, установленный в системе на базе iOS или Android.

Такой робот был бы полезен, например, в случае отъезда семьи в отпуск или в командировку. Тогда с его помощью можно узнать, что происходит дома в твое отсутствие: не течет ли кран, закрыты ли окна и двери и пр.

Проектное решение. *Общая структурная схема системы.* На основании анализа заявленных функциональных характеристик нами была построена общая структурная схема системы (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что ключевыми компонентами являются:

- система обеспечения перемещений робота (включает в себя приводы платформы, микроконтроллерную плату на базе Arduino, силовой блок для питания приводов, сенсоры);

- система управления роботом (персональный компьютер на базе Linux, веб-сервер, система связи с Arduino, видеокамера, ПО видеозахвата и транскодирования, формирование пользовательского интерфейса);
- интерфейс пользователя (используется браузер планшета или смартфона на базе iOS или Android).



Рис. 1. Общая структурная схема системы

Платформа Arduino-управление движением и получение показаний сенсоров. Платформа Arduino используется для обеспечения функционирования системы перемещения робота и получения информации с сенсоров. Структура программы, загруженной на контроллер, имеет три основных блока:

- 1) чтение данных из последовательного интерфейса связи и расшифровка команд;
- 2) непосредственное выполнение команд;
- 3) обратная связь, отчет об успешности выполнения команды.

В итоге стали возможны основные команды передвижения и доступна информация о расстоянии до ближайшего непреодолимого препятствия в пределах 3–5 м. В отсутствие команд робот находится в режиме ожидания и не движется.

Система управления, видеозаписи и связи с клиентом. Для обеспечения функционирования системы управления используется персональный компьютер на базе ОС Linux. В этой среде функционирует ПО веб-сервера, обеспечивающего формирование интерфейса пользователя, связь с пользователем, получение команд и трансляция их в команды для системы управления движением. Последовательный порт USB используется для связи с Arduino. Внешняя видеокамера подключена через USB-порт и используется для формирования видеопотока. Для транскодирования работает пакет ffmpeg. Встроенный модуль Wi-Fi позволяет иметь беспроводное соединение с роутером, подключенным к сети Internet.

Организация системы видеотрансляции. Поскольку по условиям поставленной перед нами задачи видеотрансляция должна воспроизводиться в среде браузера на устройстве под управлением iOS или Android, для организации трансляции был выбран протокол HLS (HTTP Live Streaming, Apple Inc.). Этот протокол позволяет обеспечить вещание без использования специализированных медиа-серверов. Просмотр потока возможен в браузерах на платформах iOS и Android. Суть протокола заключается в разбиении видеопотока или видеофайла на файлы-сегменты. Это позволяет организовать их передачу на клиента с помощью обычного веб-сервера, например Apache.

Техническая реализация. *Конструкция робота.* Шасси робота построено из алюминиевых балок, скрепленных винтами. Корпус робота изготовлен из фанеры 4 мм на лазерном гравировальном станке Spirit GLS. Форма корпуса – окружность диаметром 300 мм. Технологические отверстия в корпусе служат для крепления электронных компонентов, батареи питания, сонара, установки ПК. К

алюминиевым балкам крепятся два двигателя постоянного тока LT25GA34-370T с максимальным вращением $185 \pm 10\%$ оборотов в минуту. Для устойчивого движения робота установлено два дополнительных поворотных колеса. Для подключения двигателей постоянного тока к плате Arduino Uno используется shield DFRduino L298P, которые крепятся к основанию. Питание робота происходит с помощью шести батарей AA постоянного тока напряжением 1,5 V.

В качестве ПК был использован нетбук Compaq Mini 110. Плата управления движением робота: Arduino Uno. Организация беспроводной сети производилась с помощью роутера TP-Link.

Управление двигателями постоянного тока. Выводы платы Arduino обеспечивают ток не более 40 мА, этого недостаточно даже для маленьких двигателей. Для управления двигателями использована плата расширения DFRduino L298P, которая позволяет подключить к Arduino 2 электродвигателя постоянного тока с максимальным током нагрузки 2 А. Управление платой осуществляется за счет подачи на входы платы ШИМ сигналов.

Организация взаимодействия ПК-Arduino. Взаимодействие ноутбука с платой Arduino осуществляется через последовательный USB-порт. Для обеспечения взаимодействия был разработан протокол, состоящий из текстовых команд-запросов и ответов. Инициатором взаимодействия всегда выступает ПК. Формируется команда-запрос. Arduino получает команду, обрабатывает ее и отвечает, отправляя текстовое сообщение ПК.

Протокол взаимодействия составляют команды:

запрос: «MOTOR <A> », где <A>: 0 – 1-й+2-й двигатель; 1 – 1-й двигатель; 2 – 2-й двигатель? : от –100 до 100, кодирует мощность в процентах.

ответ: нет

запрос: «STOP <C>», где <C>: 0 – 1-й + 2-й двигатель; 1 – 1-й двигатель; 2 – 2-й двигатель.

ответ: нет

запрос: «SENSOR <D>», где <D>: 1 – сонар

ответ: <z> – расстояние до ближайшего препятствия в сантиметрах.

Система управления роботом. Для управления роботом используется веб-приложение. Интерфейс пользователя отображается браузером на стороне клиента и состоит из нескольких кнопок управления («UP» – для движения вперед, «LEFT» – для поворота против часовой стрелки, «DOWN» – для движения назад, «RIGHT» – для поворота по часовой стрелке) и экрана видеотрансляции. Для установки скорости вращения колес имеется шкала мощности от 0 до 100%. При нажатии клавиши команда поступает на веб-сервер через вызов функций Ajax. Веб-сервер помещает команду в стек. Обработка команд из стека осуществляется программой-демоном, который направляет их через последовательный USB-порт на плату Arduino.

Организация видеотрансляции. Видеопоток формируется внешней видеокамерой с разрешением 640×480. Транскодирование потока и разбивку на файлы-сегменты производит программа ffmpeg. Для трансляции файлы-сегменты помещаются в одну из папок, доступных веб-серверу. На стороне клиента прием трансляции осуществляется стандартными средствами браузера Safari элементом <video> HTML5.

Испытания. Созданный робот испытывался как в режиме визуального контакта, так и в отсутствии робота в поле зрения оператора. Во втором случае управление производилось только на основании видеотрансляции.

По результатам испытаний было установлено следующее:

- система управления работает хорошо, не были замечены пропуски команд, скорость реакции робота на команды: мгновенная, переключение между командами плавное, без сбоев;
- интерфейс пользователя требует переработки, особенно с учетом особенностей сенсорных возможностей устройств;
- протокол HLS не обеспечивает видеотрансляцию с нулевой задержкой, минимальная задержка видеосигнала, которой удалось добиться, составила 6 с, это связано с особенностями реализации протокола от Apple Inc.

Заключение. В результате выполнения работы был спроектирован и сконструирован прототип робота телеприсутствия «Фотон», разработано и протестировано программное обеспечение, проведены натурные испытания. Модернизации подлежит система видеотрансляции и интерфейс пользователя (оператора робота). Эта модернизация планируется в следующей версии робота.

УДК 004.724.2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДЕРЖКИ ТРАФИКА В ОДНОРОДНОЙ ВОСЬМИСВЯЗНОЙ СЕТИ

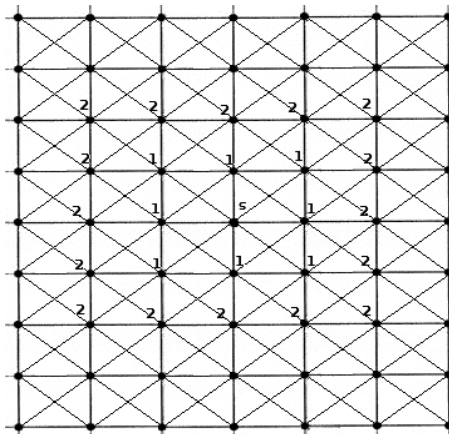
А.С. Крупский, М.Ю. Катаев

Рассмотрено формирование маршрутов трафика на восьмисвязной однородной сети при наличии принимающего и передающего узлов. Представлено распределение передаваемого трафика по задержкам, вызванное разностями длин маршрутов.

Ключевые слова: однородная сеть, распределение задержки трафика, маршруты минимальной длины.

Модели на основе равномерной сетки используются для описания различных процессов в физических средах. В том числе компьютерная сеть на основе равномерной сетки может рассматриваться как среда для распространения данных. Рассматриваемая модель представлена на рис. 1.

Рис. 1. Модель однородной компьютерной сети на основе равномерной сетки



Каждый из узлов представляет собой агента, способного передавать и принимать трафик по восьми связям. Некоторые из узлов, помимо этого, генерируют и потребляют трафик. Все связи обладают одинаковыми характеристиками. В этих условиях кратчайший маршрут будет обладать минимальной задержкой. Протокол маршрутизации [1] осуществляет отправку по любому кратчайшему маршруту, который имеет неиспользуемую или используемую не до конца пропускную способность. Для простоты будем считать, что время обработки сообщения промежуточными узлами в маршруте пренебрежимо мало. Каждая из свя-

зей имеет задержку передачи t и пропускную способность p . Таким образом, задержка L маршрута равна сумме задержек его связей. Следует отметить, что при передаче по маршруту величина задержек L характеризует момент времени от начала передачи до начала получения пакета, не учитывая время, необходимое на собственно приём пакета. При передаче большего объёма данных, чем пропускная способность связи, для скорейшей доставки целесообразно использовать несколько каналов передачи в один момент времени.

При повышении нагрузки на сеть данные начинают занимать маршруты со следующей наименьшей по величине задержкой. Таким образом, при нагрузке, превышающей восемь величин пропускной способности связи, задействованными оказываются восемь маршрутов (рис. 2).

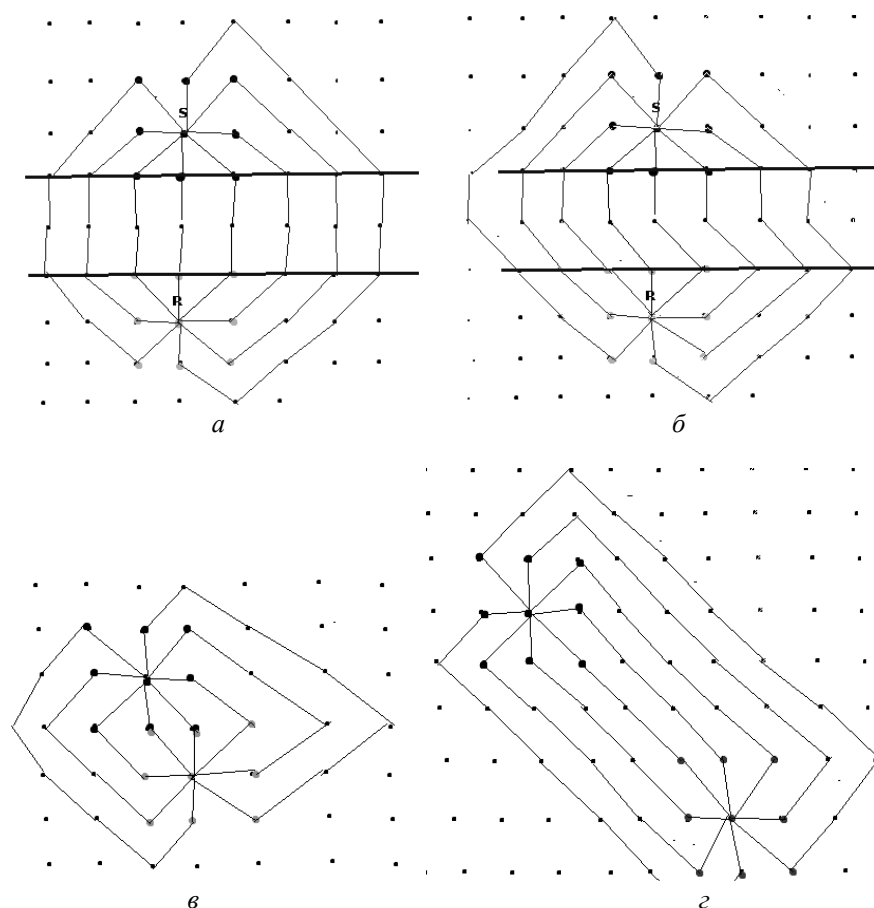


Рис. 2. Взаимные варианты расположения передающих узлов

Однако, в силу различной длины маршрутов, задержка отправленных в один момент времени по разным маршрутам узлом-источником пакетов будет различна. В результате исследований было выявлено, что распределение долей трафика по задержкам зависит от взаимного положения узла-приёмника и узла-передатчика. При любом взаимном положении узлов в сети будем устанавливать маршруты так, чтобы обеспечить минимальную задержку для как можно боль-

шего количества маршрутов. Данное условие выполняется во всех случаях на рис. 2, кроме *б*, так как для данного расположения узлов возможно построить 3 кратчайших маршрута. В случае *б* решение, принятое при построении одного из двух первых маршрутов, исключает существование трёх кратчайших маршрутов. Среди всех возможных взаимных расположений принимающего и передающего узлов, возможно выделить три класса по распределениям задержек: узлы расположены на диагонали (рис. 2, *г*; 3, *а*), узлы расположены на соседних диагоналях (рис. 2, *в*; 3, *б*), остальные случаи (рис. 2, *а*; 3, *в*).

Минимальное расстояние между узлом-приёмником и узлом передатчиком обозначим за N . Вне зависимости от N для различных классов расположения узлов наблюдается распределение по задержкам (рис. 3).

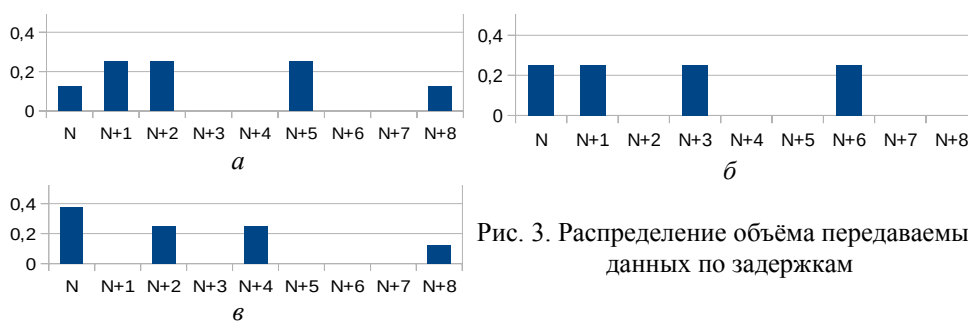


Рис. 3. Распределение объёма передаваемых данных по задержкам

Приведённое распределение задержек говорит о том, что наибольший объём данных с наименьшей задержкой возможно передать в случае расположения узлов не на одной диагонали сети и не на соседних диагоналях. Приведённую совокупность маршрутов возможно рассматривать как единый канал с ухудшающимися по мере возрастания нагрузки характеристиками. Зависимость изменения этих характеристик при нагрузке важна при обеспечении QoS [2] (качества сервиса) сети. Таким образом, можно говорить о том, что передача, например, видео с ограничением на задержку t_N может быть возможна в случае рис. 3, *а* только со скоростью p , рис. 3, *б* – $2p$, рис. 3, *в* – $3p$. Общая скорость при передаче по всем маршрутам одинакова, однако при наличии двух равноудалённых источников из альтернатив рис. 3 следует выбирать *а* для обеспечения наибольшего объёма трафика с минимальной задержкой.

Литература

1. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) // Network Working Group [Электронный документ]. Режим доступа: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3626>, свободный.
2. WiMAX Qos Classes // 2010 Tranzeo Wireless Technologies [Электронный документ]. Режим доступа: http://www.tranzeo.com/allowed/Tranzeo_WiMAX_QoS_Classes_Whitepaper.pdf, свободный.

ПРИМЕР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ГИС ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

К.Л. Захаров, М.А. Зайцев, И.В. Скляр

На тему инструментальных ГИС (подразумевающих ввод, анализ и вывод данных) довольно мало открытых разработок, что делает данную работу особо ценной. Не секрет, что ознакомление с архитектурой работающей системы дает информацию для анализа. Продукт HydroPro осуществляет анализ данных гидравлических сетей (такие, как водопровод), но, например, используемые в нем модули (плагины), реализующие совместимость с данными других инструментальных ГИС, могут быть использованы для проектов совершенно другой направленности. Именно описанию подобных универсальных механизмов и посвящена эта работа.

Ключевые слова: ГИС, гидравлическая сеть, геоданные, плагин, DGN, ESRI Shapefile, Qt.

В данной работе:

1. Дано обоснование выбора Qt 5.3 как библиотеки для создания пользовательского интерфейса и Qt Creator как IDE (среды разработки).
2. Описан модуль рендеринга геоданных.
3. Описан механизм плагинов.
4. Дан пример пользовательского интерфейса для ГИС.

Библиотека Qt 5.3. При выборе инструментов для разработки следует учитывать преследуемые цели, а также имеющиеся ресурсы. Наша цель предъявляет следующие требования к GUI-фреймворку:

1. Лицензия должна позволять коммерческое использование. Подразумевается продажа лицензий нашей системы, а некоторые лицензии, под которыми распространяются библиотеки, ставят условия, делающие невозможной продажу.
2. Готовые примитивные объекты интерфейса (кнопки, диалоговые окна и др.), управляемые согласно одному из паттернов графического интерфейса: Интеллектуальный интерфейс (SmartUI), Модель-Представление-Контроллер (MVC), или же Сигнал-Слот (Signal-Slot). Данные паттерны являются наиболее популярными, их использование позволяет упростить и разработку, и поддержку.
3. Высокий уровень абстракции над графическим контекстом окна, для отрисовки геометрических примитивов (точек, линий, полигонов). Фактически любой объект отрисовывается попиксельно, но логику проще задавать, используя более крупные абстракции, чем «точка».
4. Дизайнер форм. Программировать интерфейс вручную трудоемко и чревато ошибками, не говоря даже про то, что он должен автоматически настраиваться под размер монитора пользователя. В нашем случае лучше отдать эту проблему на откуп авторам дизайнера форм (при условии, что он качественный и находится на поддержке).
5. Поддержка ОС Windows XP, 7, 8. Хотя другие ОС, например Ubuntu, MacOS, тоже имеют свою долю рынка, но наши целевые пользователи используют Windows.

Указанная библиотека Qt обладает перечисленными свойствами:

1. Может быть использована [1] на условиях лицензии LGPL [2].
2. Поддерживает 2 из указанных паттернов [3].
3. Обеспечивает необходимый уровень абстракции [4].

4. Вместе с Qt в бесплатном доступе выложен Qt Creator [5] – IDE (среда разработки) для приложений, использующих Qt. В него входит дизайнер форм.

5. Поддерживает указанные и ряд других платформ [6].

Помимо указанных пунктов, Qt предоставляет ряд других полезных свойств и возможностей, таких как подробная документация, встроенные структуры данных и многое другое.

Отображение геоданных средствами Qt. Стандартные средства рисования Qt позволяют выводить картинку на экран при помощи программного растризатора [7]. Стандартные средства Qt – это набор классов, которые задают примитивы, представляют контекст устройства и предоставляют средства для отображения первого на втором. Также они позволяют трансформировать примитивы (например, для перевода в другую систему координат), работать с изображениями, текстом, принтерами и анимацией.

Этот способ работает на всех поддерживаемых Qt платформах, но в некоторых случаях скорости его работы не хватает. Например, при отображении большого количества сложных объектов заметны существенные задержки, создающие трудности в работе с программой. Такие задержки – результат стремления фреймворка Qt быть универсальным для большинства ситуаций работы с графикой. Часто при работе со сложной графикой часть кода, отвечающую за графику, приходится оптимизировать для данного конкретного случая. Существуют разные способы оптимизации, такие как переопределение методов отображения стандартных классов, использование сторонних графических библиотек, например OpenGL [8] или DirectX [9], и др.

В случае переопределения методов уменьшается количество шагов при построении фигуры для последующего отображения. Это, безусловно, оптимизирует код программы, но только в случае сложных объектов (полигонов, кривых линий) и почти не даёт прироста производительности при работе с простыми объектами (линиями, точками, прямоугольниками).

Сторонние библиотеки, помимо оптимизации методов отображения, позволяют задействовать дискретный видеочип. Это позволяет отобразить большие объёмы графической информации, уменьшить нагрузку на основной процессор и передать задачу отображения графики устройству, которое для этого предназначено.

Работа подсистемы плагинов. Взаимодействие подсистемы плагинов и программных модулей можно представить в виде алгоритма (рис. 1):

1. После решения пользователя о выборе файла для открытия основной модуль проекта отправляет полный путь к файлу модулю менеджера плагинов.
2. Модуль менеджера плагинов ищет скомпилированный плагин, при помощи которого можно работать с данным файлом (в случае ОС Windows это dll-файл).
3. Модуль менеджера плагинов возвращает в основной модуль проекта ссылку на объект необходимого плагина, если он был найден, иначе возвращает NULL.
4. После того как основной модуль проекта получил ссылку на объект плагина, он отправляет полный ему путь к файлу, активизируя его работу.
5. Если таковое требуется, плагин подключает необходимую библиотеку и передает ей полный путь к файлу.
6. Библиотека определяет формат файла и, если она способна прочитать файл, возвращает считанные данные, преобразованные во внутренний формат плагину. Иначе возвращает NULL.

7. Получив необходимые данные (либо считав их из файла самостоятельно), плагин создает объект класса «Слой» и добавляет полученные данные в этот объект, после чего возвращает его основному модулю проекта.

8. После того как основной модуль проекта определит, что объект «Слой» не пустой, он передает данные классу QPainter, благодаря которому происходит отображение элементов в приложении.

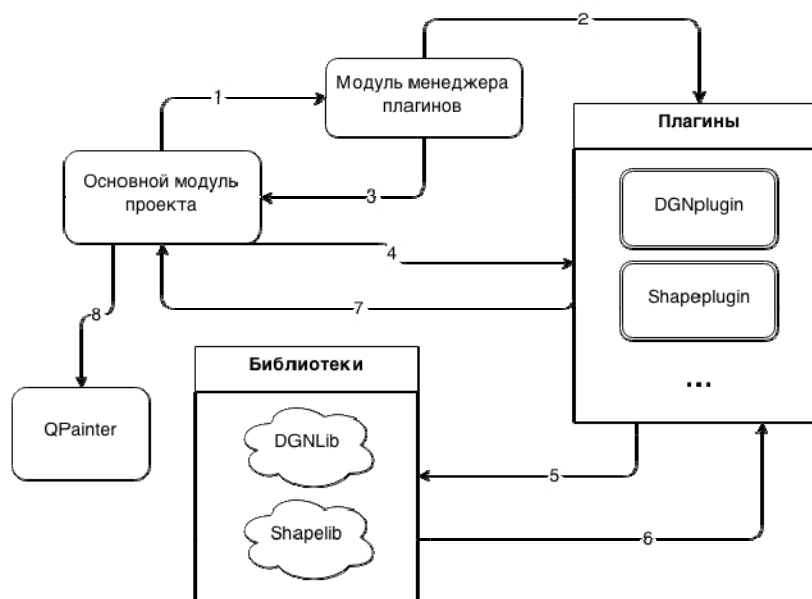


Рис. 1. Взаимодействие подсистемы плагинов и программных модулей

Пример интерфейса инструментальной ГИС. Данный интерфейс (рис. 2) строился по примеру других ГИС (например, qGIS).

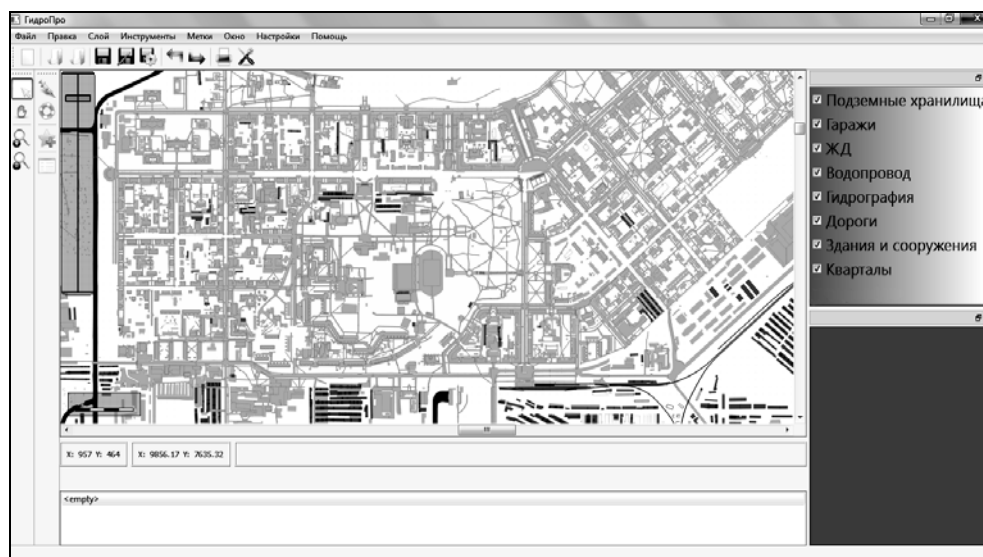


Рис. 2. Внешний вид главного окна программы

Его ключевыми элементами являются:

1. Панель слоев, каждый из которых может быть файлом своего формата, или даже некоторым массивом, загруженным из БД, для каждого слоя можно установить стиль отображения (цвет, прозрачность и др.).
2. Панель инструментов для редактирования слоя. Добавление точек, соединение их линиями, перетаскивание, редактирование атрибутивных данных в диалоговом окне.
3. Вывод атрибутивных данных каждого элемента на самой карте или в специальном окне.
4. SelectBox – область выделения, которая позволяет выбрать группу объектов и применить к ним какую-либо операцию (например, удаление).
5. Стандартные элементы – управление масштабом, углом поворота, горячие клавиши (в том числе отмена действий).

Заключение. В данной статье описаны наиболее важные стороны программы HydroPro в степени, достаточно подробной, чтобы использовать схожие методы в других проектах инструментальных ГИС.

Хотя некоторые стороны изложенных механизмов продиктованы не столько обдуманым решением, сколько используемыми инструментами (например, возможный переход от рисования на контексте устройства к OpenGL сделать проще именно в Qt), это не является критичным, так как такие подходы возможны и с другими инструментами.

Литература

1. Qt Licensing | Qt Project [Электронный ресурс]. URL: <https://qt-project.org/products/licensing> (дата обращения: 11.09.14).
2. Маленькая стандартная общественная лицензия GNU 2.1 – Проект GNU – Фонд свободного программного обеспечения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/lgpl-2.1.html> (дата обращения: 11.09.14).
3. User Interfaces | QtDoc 5.3 | Documentation | Qt Project [Электронный ресурс]. URL: <https://qt-project.org/doc/qt-5/topics-ui.html> (дата обращения: 11.09.14).
4. Graphics | QtDoc 5.3 | Documentation | Qt Project [Электронный ресурс]. URL: <https://qt-project.org/doc/qt-5/topics-graphics.html> (дата обращения: 11.09.14).
5. Qt 5 | Documentation | Qt Project [Электронный ресурс]. URL: <https://qt-project.org/doc/qt-5/index.html> (дата обращения: 11.09.14).
6. Supported Platforms | QtDoc 5.3 | Documentation | Qt Project [Электронный ресурс]. URL: <http://qt-project.org/doc/qt-5/supported-platforms.html> (дата обращения: 11.09.14).
7. Qt 4.5: Система рисования. Документация [Электронный ресурс]. URL: <http://doc.crossplatform.ru/qt/4.5.0/paintsystem.html> (Дата обращения: 11.09.14).
8. What is directx? [Электронный ресурс]. URL: <http://www.computerhope.com/jargon/d/directx.htm> (дата обращения: 11.09.14).
9. OpenGL® Registry [Электронный ресурс]. URL: <https://www.opengl.org/registry/> (дата обращения: 11.09.14).
10. DGN file format [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aigraph.com/blog/2013/07/09/dgn-file-format.html> (дата обращения: 11.09.14).
11. ESRI Shapefile: Техническое описание. Environmental Systems Research Institute, Inc., 1998. 34 с.

**РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ ПО
ОБРАБОТКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ
КОМПОНЕНТ ТЕНЗОРА ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДИСТОРСИИ ПО ОБРАЗЦУ
И.В. Колотаев, А.Ф. Купрейчик, О.Н. Минин, В.С. Зуев, Н.В. Зариковская**

Реализована прикладная программа, направленная на обработку экспериментальных данных по исследованию пластической деформации и особенности локализации твердых тел.

Ключевые слова: прикладная программа, обработка экспериментальных данных, Delphi 2007.

Для автоматизации процесса обработки экспериментальных данных в рамках данной работы была реализована прикладная программа, направленная на обработку экспериментальных данных по исследованию пластической деформации и особенности локализации твердых тел.

Программный проект реализован в среде разработки Delphi 2007 из состава CodeGear RAD Studio. Для работы с трехмерной графикой использовался сторонний набор компонентов под общим названием GLScene версии 1.1.

Выбор среды и языка разработки был сделан исходя из следующих соображений:

1. Требовалось создать приложение, обладающее широкими возможностями по взаимодействию с пользователем. Среда разработки Delphi всегда предлагала широкий набор компонентов для создания графического интерфейса пользователя, а применение визуального подхода к его разработке значительно упрощает и ускоряет создание конечной программы.

2. Немаловажную роль сыграло наличие широчайшего выбора компонентов, расширяющих функциональность среды разработки Delphi, написанных сторонними разработчиками. Так, в данном проекте был использован набор компонентов GLScene для организации работы с трехмерной графикой и графическими ускорителями.

3. Требовалось создать приложение для семейства операционных систем win32, желательно имеющее наименьшее количество программных зависимостей. Этому требованию среда разработки Delphi также отвечала наилучшим образом: готовая программа не имеет зависимости от фреймворка .NET (как если бы она была написана на языке C#) или JVM (язык Java соответственно).

В программе используется понятие «проект» – совокупность файлов экспериментальных данных, относящихся к одному эксперименту. К проектным файлам относятся: файлы данных деформационной кривой, файлы компонент вектора пластической дисторсии. В программе реализована возможность работы с несколькими проектами сразу. Для удобства пользователя программа запоминает свое состояние и после перезагрузки открывает тот же набор проектов, что был до ее выключения.

Основное окно программы представлено на рис. 1–4.

Основное окно состоит из следующих интерфейсных элементов:

- основное поле окна занимают вкладки открытых проектов;
- слева в древовидном виде отображается список файлов проекта;
- остальную часть окна занимают вкладки для работы с проектом:

- вкладка настроек проекта (рис. 1);
- вкладка деформационной кривой (рис. 2);
- вкладка компонент вектора пластической дисторсии (рис. 3);
- вкладка построения кинетики процесса.

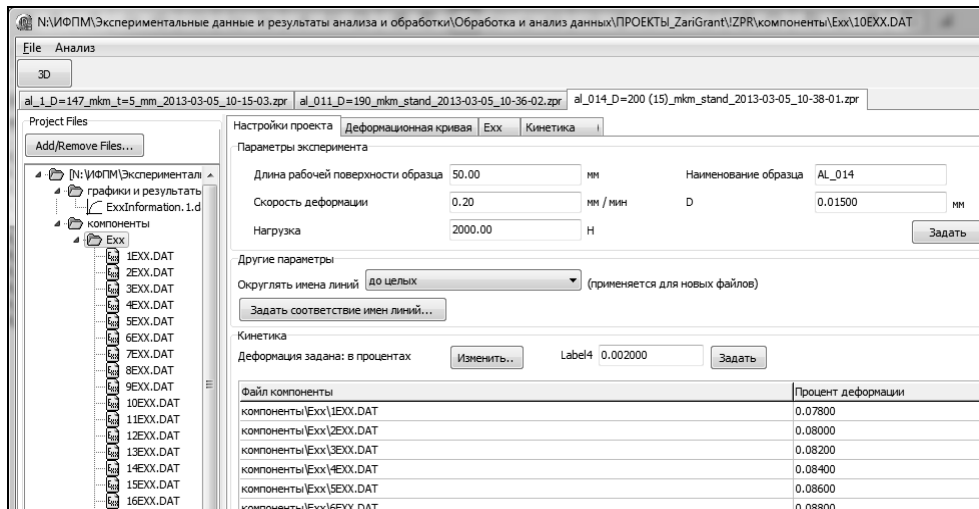


Рис. 1. Вкладка настроек проекта

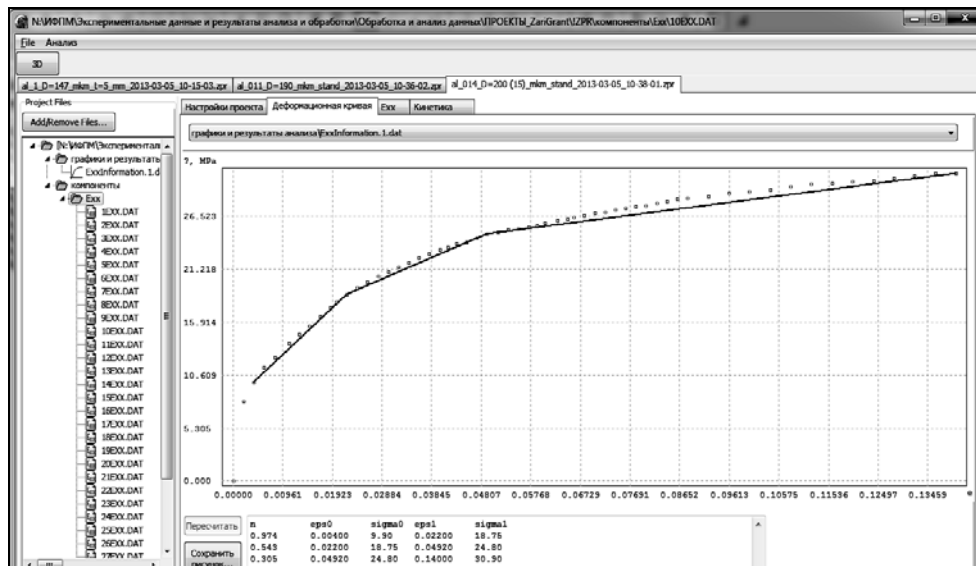


Рис. 2. Вкладка деформационной кривой

На вкладке настроек проекта (рис. 4) возможно задать параметры эксперимента:

- длину рабочей поверхности образца;
- наименование образца (необязательный параметр);
- скорость деформации;
- величину нагрузки;
- размер зерна образца.

Также возможно задать процент деформации для каждого файла компонент тензора пластической дисторсии.

На рис. 2 представлена вкладка деформационной кривой, где отображается ее график, график стадийности кривой, а также отдельные стадии.

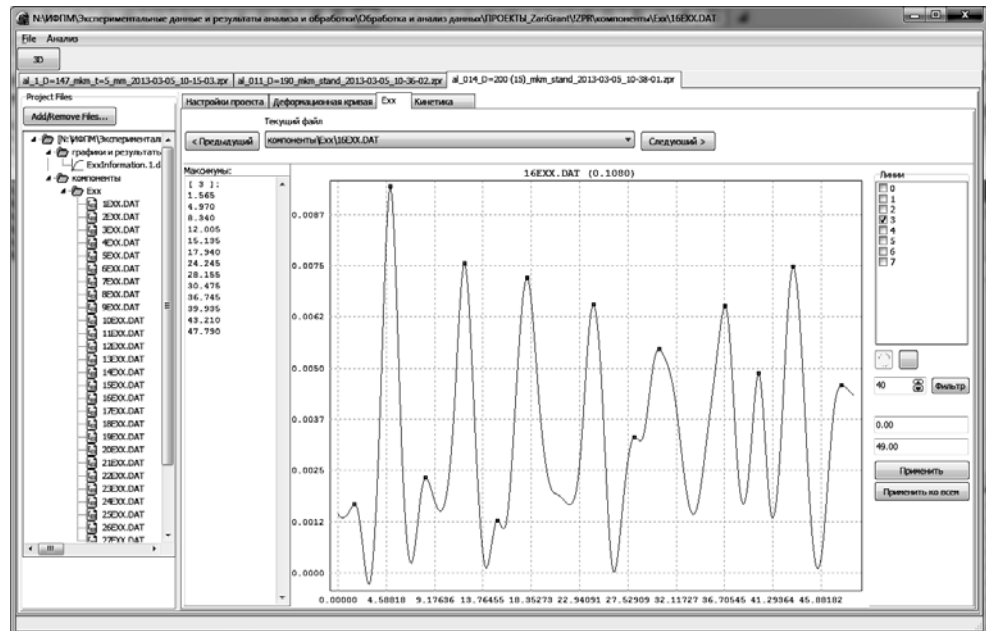


Рис. 3. Вкладка компонент вектора пластической дисторсии

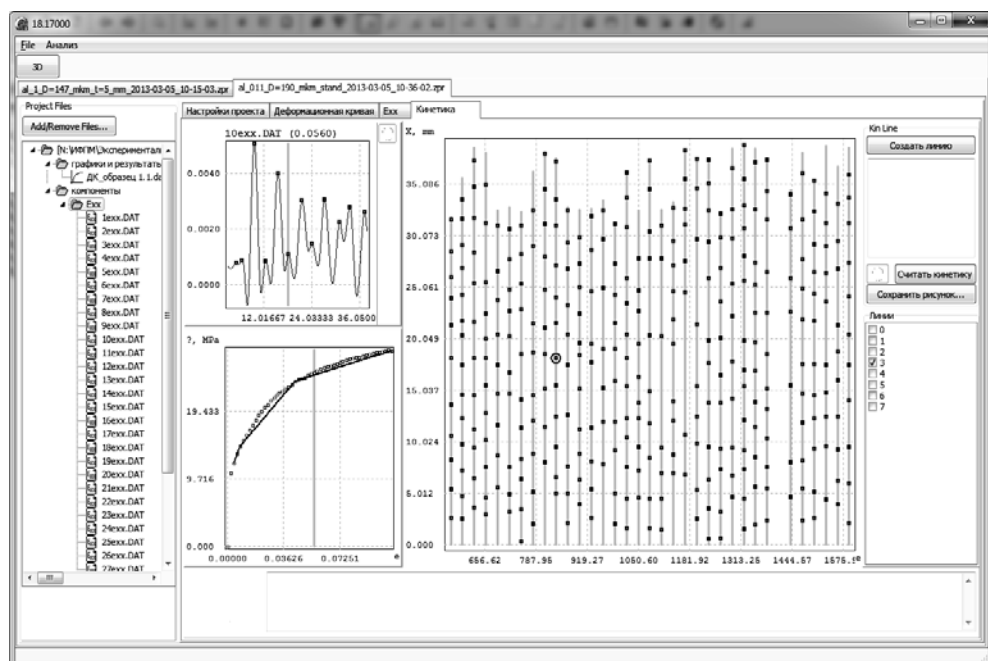


Рис. 4. Вкладка построения кинетики процесса. Расчет периодов макролокализации и скорости движения автоволны доступен из меню «Анализ»

На рис. 3 представлена вкладка компонент вектора пластической дисторсии, где:

- отображаются графики линий (одной или нескольких; для построения графиков используются кубические сплайны);
- слева отображается окно максимумов графика;
- есть возможность редактирования и удаления вторичных (квалифицируемых как ошибочные) максимумов как в автоматическом, так и в ручном режиме.

На рис. 4 отображена вкладка построения кинетики процесса. Для наглядности здесь также отображены графики деформационной кривой и компонент тензора пластической дисторсии.

При построении трехмерной анимации изменения тензора пластической дисторсии использовался следующий подход:

- анимация представляет собой визуализацию изменения распределения компонент тензора пластической дисторсии по образцу во времени – фактически изменение трехмерной поверхности по времени;
- в зависимости от параметров и качества съемки образцов, а также качества расшифровки в разных файлах компонентов могли быть представлены данные, покрывающие разную площадь исследуемого образца, поэтому сначала отыскивалась объединенная область образца по всем файлам исходных данных;
- из данных каждого файла компонент вектора пластической дисторсии формировался ключевой или опорный кадр анимации: поверхность рассчитывалась с использованием бикубического сплайна;
- переходы между кадрами рассчитывались с помощью полинома Ньютона четвертой степени: использовались два предыдущих опорных кадра и два последующих;
- в результате получался набор интерполяционных функций, представляющий собой изменение поверхности в трехмерном пространстве и во времени;
- этот набор и визуализировался в трехмерной графике с возможностью выбора качества детализации (количество отображаемых точек в построенной поверхности) и скорость/плавности анимации (возможность выбрать произвольное количество переходных кадров между опорными и произвольную скорость воспроизведения).

Окно трехмерной анимации отображено на рис. 5. В программе имеется возможность просматривать анимацию из произвольной точки, а также сохранять анимацию в видеофайл.

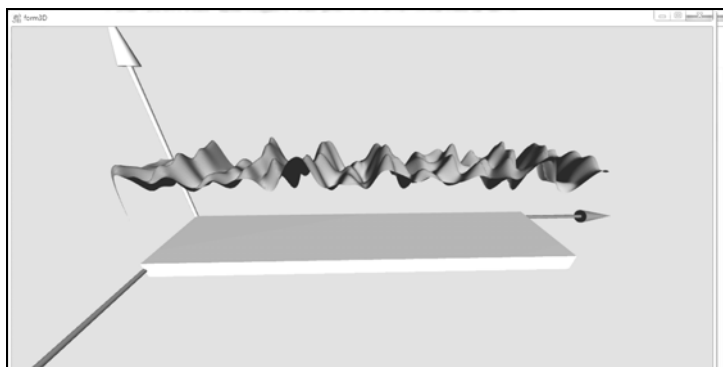


Рис. 5. Окно трехмерной анимации

На рис. 6 представлена диаграмма потока задач и данных:

- указаны входные данные (файлы экспериментальных данных, составляющих проект);
- указан процесс обработки данных;
- указаны выходные файлы и выходные данные по результатам обработки данных проекта.

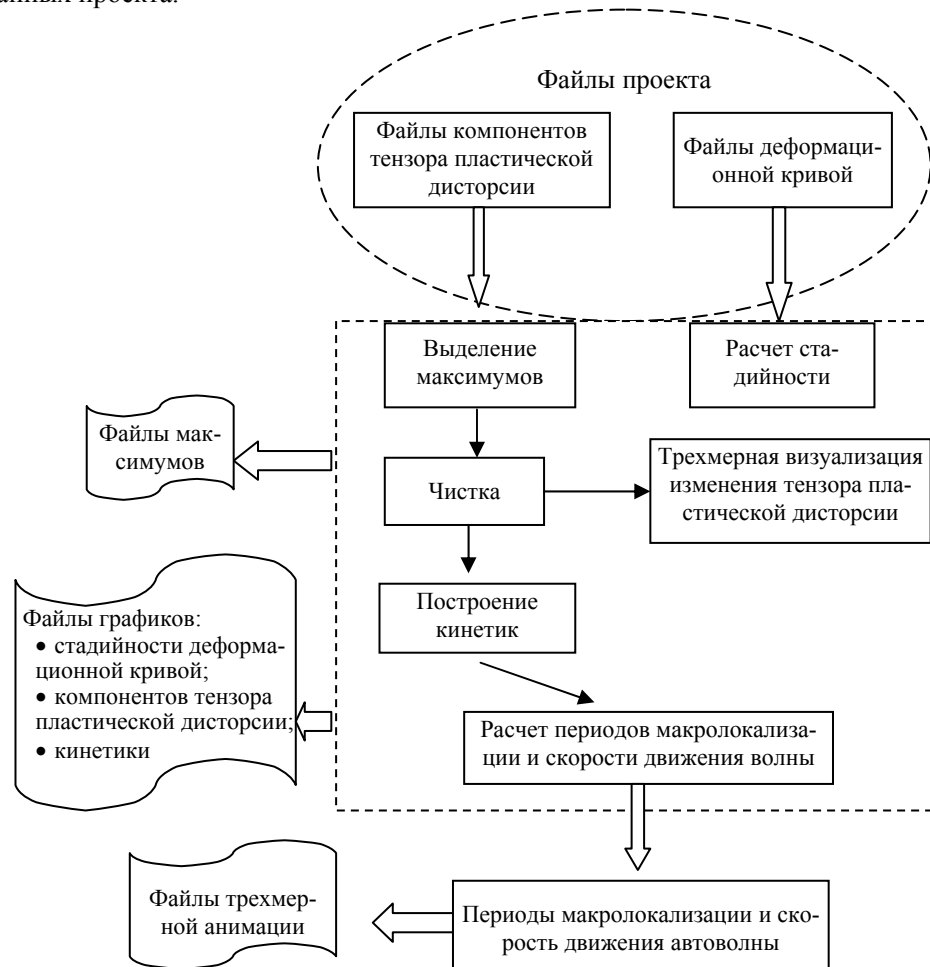


Рис. 6. Графическое представление потока задач

В настоящее время программа проходит тестирование в лаборатории физики прочности НИУ ИФПМ СО РАН.

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ,
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ
УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ**

Председатель секции – Черкашин М.В., к.т.н., доцент каф. КСУП, декан ФВС

УДК 004.67

**ПРОГРАММА АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ
СВЧ-ИЗМЕРЕНИЙ DATAVIEWER**

А.Е. Горяинов, И.М. Добуш, А.С. Сальников, Т.А. Ахметов

Разработана программа DataViewer для графического представления, анализа, редактирования, обработки и конвертирования результатов измерений СВЧ-компонентов и устройств, представленных в различных типах файлов данных.

Ключевые слова: СВЧ-измерения, программное обеспечение, обработка данных, параметры многополюсников, вольт-амперные характеристики, шумовые параметры, деэмбединг.

В настоящее время разработку СВЧ-компонентов и устройств невозможно представить без программных средств автоматизации, которые, в свою очередь позволяют инженерам упростить выполнение рутинных задач и значительно сократить сроки вывода конечного продукта на рынок. На протяжении основных этапов (моделирование, проектирование, изготовление, испытания) цикла создания СВЧ-устройства различным специалистам приходится проводить измерения характеристик и контроль основных параметров изделия. Эти данные позволяют получить информацию о предельных возможностях технологии изготовления, разработать математические модели функциональных элементов, оценить разброс параметров, провести отбраковку и др. В процессе интерпретации результатов измерений значительными трудностями являются наличие множества форматов данных для различных характеристик, а также отсутствие совместимости между форматами данных различных производителей измерительного оборудования. В результате большинству инженеров приходится одновременно использовать несколько сложных и дорогостоящих программных систем измерений и САПР СВЧ-устройств для решения однообразных задач.

В данной статье представлена программа DataViewer [1], разработанная в Лаборатории интеллектуальных компьютерных систем (ЛИКС) ТУСУРа и предназначенная для анализа и обработки результатов измерений СВЧ-компонентов и устройств. К основным функциональным возможностям DataViewer относятся: просмотр и анализ различных характеристик СВЧ-компонентов и устройств в единой программе; обработка исходных экспериментальных характеристик СВЧ-компонента для построения его модели; сравнение характеристик модели и измерений; расчет предельных параметров активных элементов; конвертирование файлов измерений; редактирование данных.

Программа DataViewer позиционируется как вспомогательный инструмент на рабочем столе персонального компьютера инженера и научного сотрудника, работающих в области СВЧ-электроники, и доступна как для небольших лабора-

торий университетов, так и для специализированных отделов крупных компаний радиоэлектронной промышленности.

Представляемая программа является развитием проекта, начатого в рамках группового проектного обучения ТУСУРа [2]. На данный момент программа прошла стадию закрытого бета-тестирования и готова к внедрению в производственный и образовательный процесс.

Описание программы. Основными элементами интерфейса являются панель с перечнем отображаемых файлов и панель с графиками (рис. 1). Каждый тип характеристик СВЧ-устройства представлен отдельной вкладкой и работает с собственным набором файлов. В программе реализован просмотр следующих характеристик:

- S -, Y -, Z -параметры многополюсников (прямоугольный график, диаграмма Вольперта–Смита);
- выходные и сквозные вольт-амперные характеристики, выходная проводимость, крутизна;
- шумовые параметры четырехполюсников (минимальный коэффициент шума $NF_{\min}$, оптимальный коэффициент отражения генератора G_{opt} , шумовое сопротивление R_n);
- предельные параметры активных элементов (максимальные коэффициенты передачи по мощности G_{max} и току $|H_{21}|$, инвариантный коэффициент устойчивости k , U -функция);
- произвольные числовые данные из различных форматов;
- значения абсолютной и относительной ошибок между файлами S -параметров.

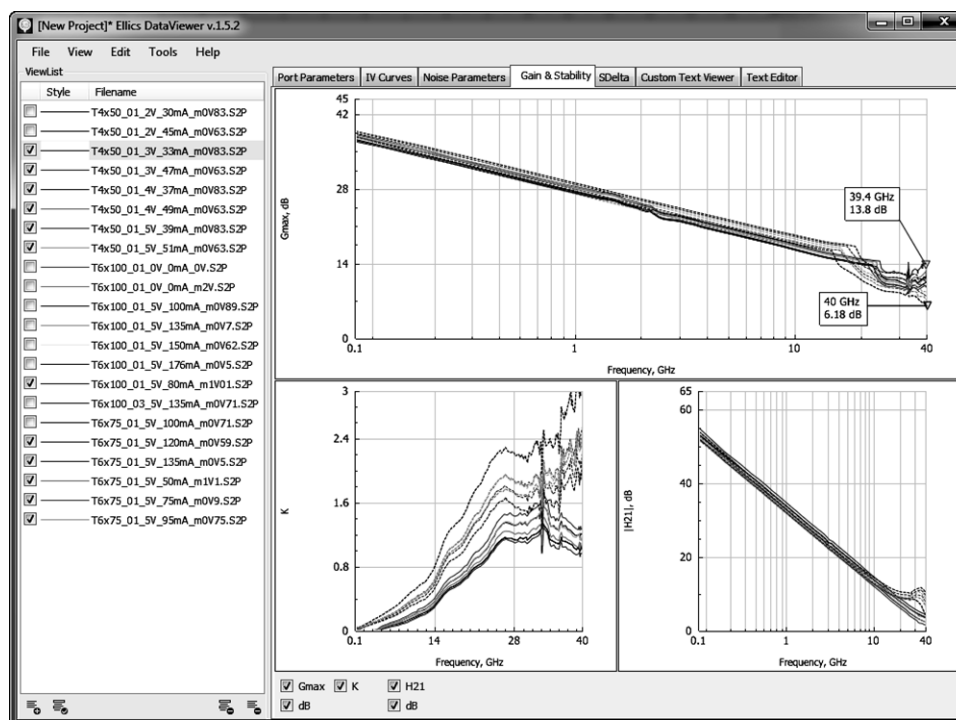
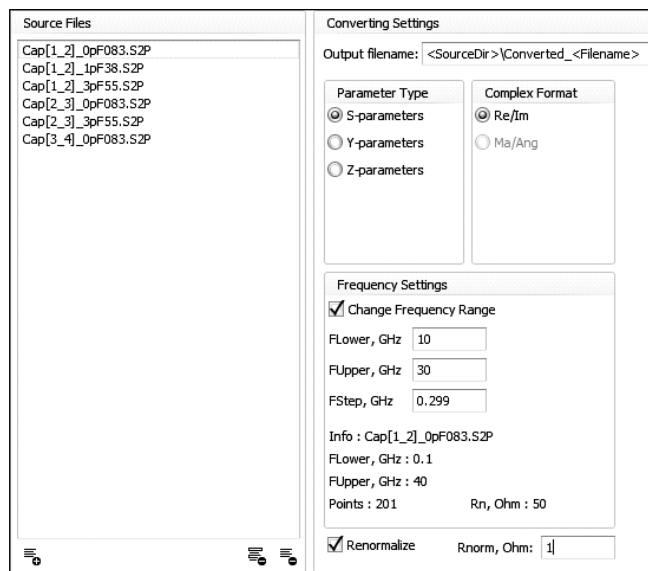


Рис. 1. Главное окно программы DataViewer в режиме просмотра предельных параметров активных элементов (G_{max} , $|H_{21}|$, k)

Конвертирование файлов измерений. Существование большого числа производителей СВЧ-измерительного оборудования привело к возникновению различных форматов данных для представления результатов измерений. Отсутствие единых стандартов и спецификаций создает проблему совместимости программного обеспечения; в частности, результаты измерений, полученные на оборудовании одной компании, не могут быть проанализированы в САПР другой компании. Эта проблема особенно актуальна для небольших лабораторий и научных подразделений, имеющих ограниченный бюджет и вынужденных поэтапно приобретать измерительное оборудование и программное обеспечение разных производителей.

Для решения указанной проблемы в программе DataViewer реализован инструмент конвертирования файлов измерений в различные форматы данных. В качестве примера на рис. 2 представлен вид диалогового окна конвертирования S -, Y -, Z -параметров многополюсников.

Рис. 2. Диалоговое окно конвертирования файлов S -, Y -, Z -параметров многополюсников



Дезембеддинг при измерении S -параметров на пластине. При зондовых измерениях помимо испытуемого устройства (ИУ) тестовая структура содержит паразитные элементы – контактные площадки и подводящие линии для подключения зондов. Геометрические размеры паразитных элементов сопоставимы или превышают размеры ИУ, поэтому они оказывают существенное влияние на его характеристики в СВЧ-диапазоне. Процедура исключения влияний контактных площадок и подводящих линий из результатов измерений называется дезембеддинг (от англ. de-embedding), согласно рис. 3 данная процедура соответствует сдвигу плоскостей отсчета $A1$ – $A2$ (плоскости после калибровки на пластине) в плоскости $B1$ – $B2$.

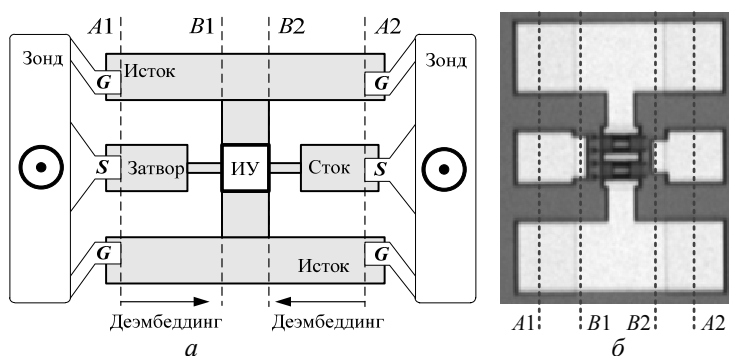


Рис. 3. Эскиз и фотография тестовой структуры с ИУ (НЕМТ-транзистор) для зондовых измерений

Существует множество методов деэмбеддинга на пластине [3], которые различаются количеством вспомогательных структур или стандартов для деэмбеддинга, способом представления паразитных параметров (эквивалентные схемы на основе сосредоточенных и/или распределенных элементов), а также диапазоном частот, в котором эти методы корректно работают.

В программе DataViewer реализовано девять методов деэмбеддинга для зондовых S -параметров. На рис. 4 показан вид диалогового окна модуля деэмбеддинга, в нем предусмотрена возможность работы с множеством файлов, что значительно ускоряет процесс обработки данных.

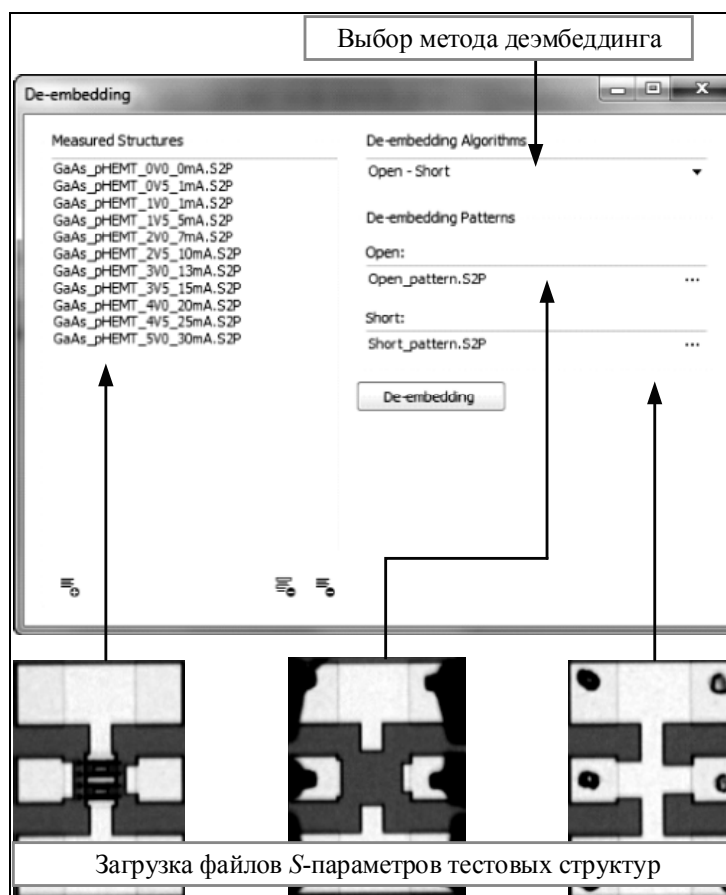


Рис. 4. Диалоговое окно модуля деэмбеддинга

Заключение. Разработана программа DataViewer, предоставляющая средства для анализа и обработки результатов измерений СВЧ-компонентов и устройств. Программа позволяет упростить решение задач инженеров и научных сотрудников, работающих в области СВЧ-электроники. Также программа может быть использована в образовательном процессе при изучении прикладных дисциплин, связанных с измерениями и моделированием на СВЧ.

Литература

1. Программа анализа и обработки СВЧ-измерений DataViewer [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ellics.com/dataviewer>, свободный (дата обращения: 11.09.2014).

2. Проект КСУП-1305. Программа анализа и обработки СВЧ-измерений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gpo.tusur.ru/chairs/17/projects/915>, свободный (дата обращения: 11.09.2014).

3. Информация о методах деэMBEDдинга [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ellics.com/dataviewer/DataViewer_v.1.5.2_De_embedding.pdf, свободный (дата обращения: 11.09.2014).

УДК 621.382.323

РАЗРАБОТКА ДВУХПОЛОСНОГО СВЧ-УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ GaN НЕМТ ТРАНЗИСТОРА

А.А. Кокотов, Ф.И. Шеерман, П. Колантонио, Л.И. Бабак

Представлены результаты разработки двухполосного усилителя мощности L-диапазона (1,28 и 2,14 ГГц) на GaN НЕМТ-транзисторе. С целью повышения выходной мощности и КПД был осуществлен оптимальный выбор импедансов нагрузки транзистора на основной частоте и гармониках в обеих полосах пропускания. Для проектирования выходной согласующей цепи (СЦ) усилителя по этим данным применена новая компьютерная процедура, которая реализована с помощью программы автоматического синтеза пассивных цепей, основанной на генетическом алгоритме, что позволило значительно облегчить и ускорить проектирование СЦ. Разработанный усилитель обладает следующими параметрами: $P_{out} = 37,28$ дБм, $G = 11$ дБ, $PAE = 42,1\%$ на частоте $f_1 = 1,28$ ГГц; $P_{out} = 35,7$ дБм, $G = 9$ дБ, $PAE = 23,7\%$ на частоте $f_2 = 2,14$ ГГц.

Ключевые слова: двухполосный усилитель мощности, GaN НЕМТ, синтез.

Расширение применений беспроводной связи приводит к тому, что для обеспечения работы связанных систем требуется организовывать множество каналов приема и передачи. Одним из возможных путей упрощения приемопередающей аппаратуры является применение многополосных устройств, в том числе фильтров и усилителей [1].

Среди существующих типов СВЧ-усилителей мощности (УМ) одним из наиболее перспективных с точки зрения выходной мощности и КПД являются УМ класса F и F^{-1} . При этом дополнительный прирост выходной мощности и КПД обеспечивается путем оптимального выбора импеданса нагрузки транзистора не только на основной частоте f_0 , но и на гармониках $2f_0$, $3f_0$.

Основной проблемой при разработке многополосных (в частности, двухполосных) УМ с настройкой по гармоникам является проектирование выходной СЦ усилительного каскада. Известные методики сложны, трудоемки и зачастую оказываются неэффективными – не всегда удается получить требуемые импедансы на всех гармониках, поэтому используют настройку только на частоте $2f_0$ [2].

В статье представлены результаты разработки двухполосного GaN НЕМТ УМ с настройкой по гармоникам, работающего на частотах 1,28 и 2,14 ГГц. Использована новая процедура синтеза выходной СЦ, основанная на генетическом алгоритме (ГА) [3].

В качестве активного элемента использовался GaN НЕМТ-транзистор NPBT00004 фирмы Nitronex, который обладает следующими характеристиками: напряжение пробоя 100 В, максимальный ток $\sim 1,3$ А, напряжение отсечки $-2,5$ В. Для проектирования была выбрана следующая рабочая точка транзистора:

$V_{ds} = 28$ В, $I_{ds} = 0,13$ А. На рис. 1 представлена структурная схема разрабатываемого СВЧ УМ. Его отличительной особенностью являются двухполосные СЦ, которые должны обеспечивать необходимый импеданс сразу в двух частотных полосах.

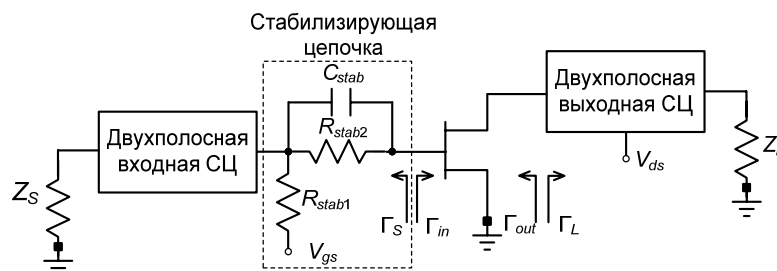


Рис. 1. Структурная схема разрабатываемого двухполосного СВЧ УМ

Проектирование УМ выполнялось в следующем порядке. Вначале рассчитана стабилизирующая цепочка на входе транзистора для обеспечения устойчивости (рис. 1). Далее при помощи load pull моделирования определены импедансы генератора и нагрузки транзистора на основной частоте и гармониках, обеспечивающие необходимый компромисс между выходной мощностью, КПД и усилением в обеих полосах пропускания. В таблице представлены оптимальные импедансы нагрузки на частотах f_0 , $2f_0$ и $3f_0$.

Оптимальные импедансы нагрузки на частотах f_0 , $2f_0$ и $3f_0$.

f_0 , ГГц	$Z_{out f_0}$, Ом	$Z_{out 2f_0}$, Ом	$Z_{out 3f_0}$, Ом	PAE, %	P_{out} , дБм
1,28	$35,5 + 10,8j$	$-21j$	$8,8j$	47,5	37,9
2,14	$27,6 + 10,2j$	$-51j$	$-34j$	48,3	37,5

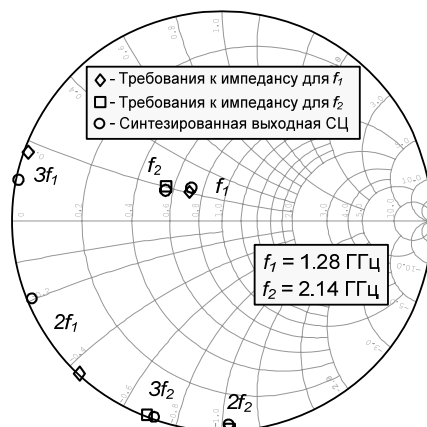


Рис. 2. Требуемые и полученные (смоделированные) значения импеданса выходной СЦ

По этим данным при помощи процедуры [3] и программы синтеза пассивных цепей на основе ГА gMatch [4] были синтезированы входная и выходная СЦ. На рис. 2 показаны требуемые и полученные (смоделированные) значения импеданса выходной СЦ. Аналогичным образом была синтезирована входная СЦ.

Итоговая принципиальная схема двухполосного УМ изображена на рис. 3. Далее «идеальные» элементы схемы были заменены на математические модели «реальных» элементов. Усилитель был изготовлен на подложке Rogers 4350B ($h=1,524$ мм, $\epsilon = 3,48$). Фотография изготовленного двухполосного СВЧ УМ представлена на рис. 4.

Измеренные малосигнальные S -параметры приведены на рис. 5, α ; зависимости выходной мощности, КПД и коэффициента усиления от входной мощности – на рис. 6.

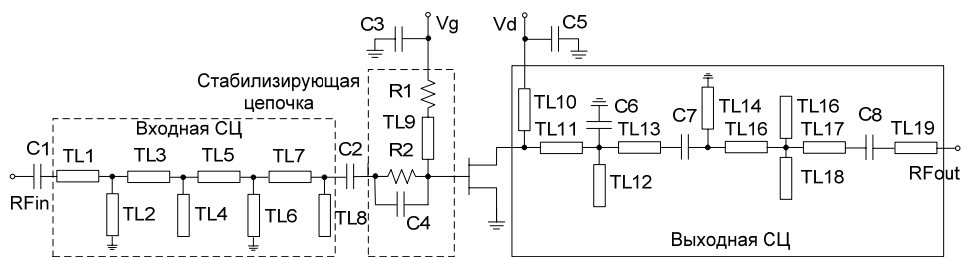


Рис. 3. Принципиальная схема двухполосного УМ

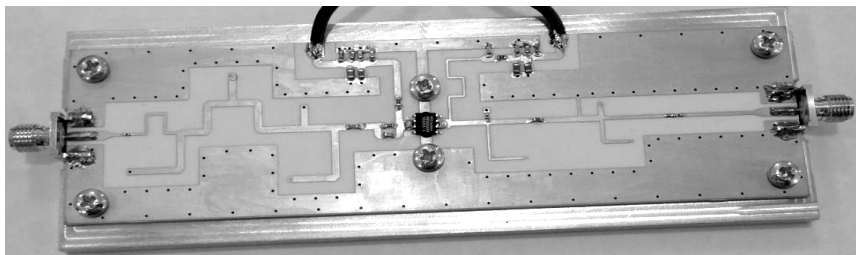


Рис. 4. Фотография изготовленного двухполосного СВЧ УМ

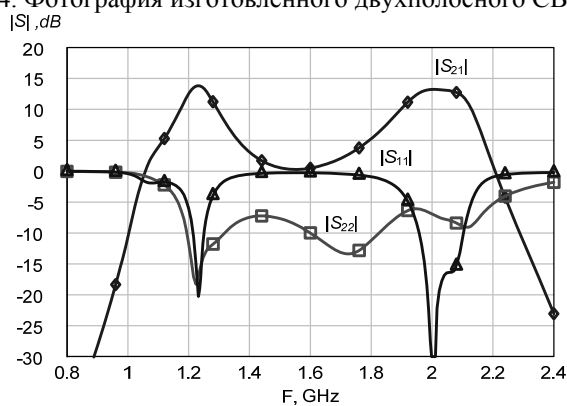


Рис. 5. Измеренные малосигнальные S-параметры двухполосного УМ ($I_{ds} = 0,13$ A; $V_{ds} = 28$ В)

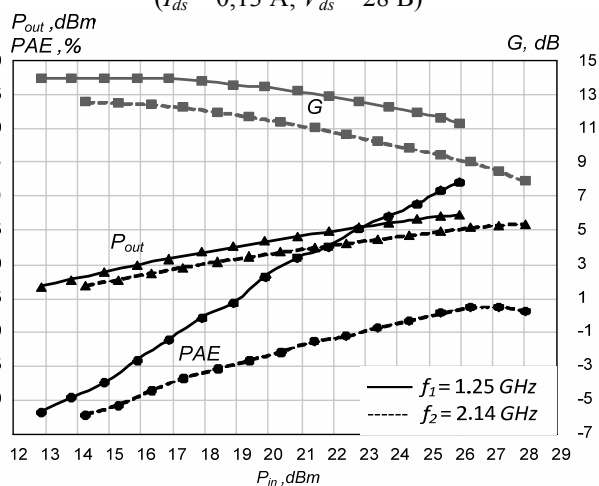


Рис. 6. Измеренные выходная мощность (P_{out}), КПД (PAE) и коэффициент усиления (G) в зависимости от входной мощности (P_{in})

В малосигнальном режиме получены следующие характеристики УМ: $G = 13,5$ дБ, $|S_{11}| = -20$ дБ, $|S_{22}| = -18$ дБ ($f_1 = 1,28$ ГГц); $G = 13,0$ дБ, $|S_{11}| = -15$ дБ, $|S_{22}| = -7$ дБ ($f_2 = 2,14$ ГГц). Как видно (рис. 3), на выходе УМ не удалось получить хорошего согласования, а максимум согласования по входу сместился на частоту 2 ГГц. Это может быть обусловлено погрешностями изготовления СЦ и влиянием паразитных параметров элементов.

Из-за указанных причин не удалось получить и ожидаемых значений выходной мощности и КПД на частоте f_2 (рис. 4). Суммарные мощностные характеристики двухполосного УМ: $P_{\text{out}} = 37,28$ дБм, $G = 11$ дБ, $PAE = 42,1\%$ (на частоте $f_1 = 1,28$ ГГц, при $P_{\text{in}} = 26$ дБм); $P_{\text{out}} = 35,7$ дБм, $G = 9$ дБ, $PAE = 23,7\%$ (на частоте $f_2 = 2,14$ ГГц, при $P_{\text{in}} = 27,2$ дБм). Таким образом, на частоте f_1 полученные результаты близки к расчетным (см. таблицу), а на частоте f_2 – отличаются от них.

Заключение. Представлены результаты разработки двухполосного усилителя мощности L -диапазона (1,28 и 2,14 ГГц) на GaN HEMT транзисторе. С целью повышения выходной мощности и КПД был осуществлен оптимальный выбор импедансов нагрузки транзистора на основной частоте и гармониках в обеих полосах пропускания. Для проектирования выходной согласующей цепи (СЦ) усилителя по этим данным применена новая компьютерная процедура, которая реализована с помощью программы автоматического синтеза пассивных цепей, основанной на генетическом алгоритме, что позволило значительно облегчить и ускорить проектирование СЦ.

Литература

1. Bassam S.A. Transmitter Architecture for CA / S.A. Bassam, W. Chen, M. Helaoui, F.M. Channouchi // IEEE Microwave Magazine. 2013. Vol. 14, № 5. P. 78–86.
2. Saad P. Concurrent Dual-Band GaN-HEMT Power Amplifier at 1.8 GHz and 2.4 GHz / P. Saad, P. Colantonio, L. Piazzon et al. // IEEE 13th WAMICON, Florida. 2012. P. 1–5.
3. Kokolov A.A. Design of Matching Networks for a Harmonic-Tuned Class F Power Amplifier by Genetic Synthesis / A.A. Kokolov, L. Babak, P. Colantonio // Innovations in Information and Communication Science and Technology (IICST). Tomsk. 2012. P. 194–197.
4. Дорофеев С.Ю. Организация универсальной программной системы для синтеза радиоэлектронных устройств на основе генетического алгоритма / С.Ю. Дорофеев, Л.И. Бабак // Доклады ТУСУРа. 2007. № 2(16). С. 151–156.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель секции – Шелупанов А.А., д.т.н., профессор,
проректор по научной работе, директор ИСИБ*

УДК 621.396.41

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗА РУКОПИСНОЙ ПОДПИСИ

И.В. Ботнарченко, Е.Ю. Костюченко

Проведен поиск методов распознавания образа рукописной подписи. Для решения задачи идентификации пользователя на основании его подписи был выбран метод распознавания образов, основанный на искусственных нейронных сетях. Были выбраны структура будущей нейронной сети и алгоритм ее обучения. Также была создана программа, которая производит построение рукописной подписи на основании данных, импортированных из ранее заполненной базы данных. Был проведен поиск методов выделения ключевых характеристик изображения подписи. Предпочтение было отдано алгоритму GSC. Данный алгоритм был проанализирован, после чего на его основе было написано приложение, выделяющее ключевые характеристики подписи.

Ключевые слова: образ рукописной подписи, нейронная сеть, ключевые характеристики подписи, алгоритм GSC.

Задача идентификации пользователя на основании образа его рукописной подписи. В современном мире во многих отраслях парольные системы защиты уже не являются гарантией защиты информации. Поэтому со стороны пользователей и держателей электронных ресурсов существует реальная заинтересованность в развитии технологий, которые позволили бы увеличить защищенность информации от несанкционированного доступа. Одним из решений данной проблемы является система верификации образа рукописной подписи.

Целью данной работы является повышение эффективности защиты системы за счет идентификации пользователя на основании образа его подписи.

В соответствии с этим выделены следующие важнейшие задачи, стоящие перед нами в процессе выполнения работы:

- получение начальной выборки подписей из ранее созданной БД;
- выделение ключевых характеристик подписи;
- выбор типа нейронной сети и метода её обучения.

Поиск методов распознавания образов

Для решения задачи идентификации пользователя на основании его подписи был проведен поиск различных методов распознавания образов.

Все методы распознавания образов можно разбить на две группы: эвристические и традиционные. Главное отличие эвристических методов от традиционных – возможность обучения систем, основанных на эвристических алгоритмах.

Из всего множества эвристических и традиционных методов был выбран метод распознавания образов с использованием нейронных сетей.

Данный подход имеет следующие преимущества перед традиционными методами:

- возможность обучения;
- устойчивость к шумам во входных данных;

– высокое быстродействие за счет параллелизма обработки информации.

Главное преимущество данного метода перед другими эвристическими алгоритмами – его простота и широкая распространенность.

Выбор типа нейронной сети и алгоритма её обучения. Искусственная нейронная сеть представляет собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров, построенную по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма [1].

Выбор типа сети во многом зависит от того, как будет обучаться нейронная сеть. Существует два основных типа обучения сети: обучение с учителем и обучение без учителя.

В нашем случае будет проводиться обучение с учителем, так как мы знаем, какому пользователю принадлежит поданная на вход нейронной сети подпись.

Предпочтение было отдано нейронной сети со структурой многослойного перцептрона. Это было сделано по ряду причин:

- данный тип нейронной сети отлично подходит для решения задачи распознавания образов [3];
- относительная простота реализации;
- большое количество справочной информации о данном типе нейронной сети.

Выбор алгоритма обучения был сделан в пользу метода обратного распространения ошибки в связи с его простотой и эффективностью [2].

Основная идея этого метода состоит в распространении сигналов ошибки от выходов сети к её входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы. Целью обучения сети алгоритмом обратного распространения ошибки является такая подстройка ее весов, чтобы приложение некоторого множества входов приводило к требуемому множеству выходов.

Получение изображения рукописной подписи. Для разработки программы по распознаванию образа подписи, необходимо получить начальную выборку подписей пользователей. В связи с наличием доступа к базе данных, в которой хранятся некоторые характеристики подписи, ввод которой производился с помощью планшета, было решено создать программу, которая строила бы изображение подписи по данным из БД.



Рис. 1. Изображение подписи

Для распознавания образа подписи решено было использовать только статические характеристики: координаты пера X , Y и давление пера на планшет (толщина линии).

Для построения изображения подписи была написана программа. Данное программное средство устанавливает соединение с базой данных, получает характеристики подписи, по ним строит подпись и сохраняет полученное изображение на диск.

Выделение ключевых характеристик изображения подписи. Был проведен поиск алгоритма выделения ключевых характеристик изображения. Для выделения ключевых характеристик изображения подписи был выбран алгоритм GSC [3, 4].

Данный алгоритм был разработан для работы с черно-белыми изображениями и заключается в определении взаимоотношений каждого пикселя с другими пикселями. Название GSC является аббревиатурой трех основных характеристик, которые рассчитываются в ходе выполнения алгоритма: градиентных, структур-

ных и основанных на кривизне (Gradient Features, Structural Features, Concavity Features).

Изображение разбивается на ячейки сеткой 8×4 , после чего вычисляются следующие характеристики: характеристики градиента, структурные характеристики, характеристики кривизны.

Градиентные характеристики [4]. Градиент каждого пикселя рассчитывается с помощью свертки двух операторов Собуля как функция от восьми ближайших соседей пикселя. Затем определяется, в какую из двенадцати областей (от 0 до 2π) приходится направление градиента.

Внутри каждой ячейки сетки 8×4 составляется гистограмма, представляющая распределение направлений градиентов. После этого значения гистограммы сравниваются с некоторым пороговым значением и в случае, если значение гистограммы больше порога, данный бит считается равным 1, иначе 0.

На выходе получается вектор размером $12 \times 8 \times 4 = 384$ бит.

Структурные характеристики [4]. Структурная характеристика представляет собой определенные шаблоны, по которым строится изображение. Эти шаблоны являются «мини-штрихами» изображения, тип которых определяется по набору из двенадцати правил. Данные правила основаны на направлениях градиента восьми ближайших соседей пикселя.

Набор правил, приведенный в таблице, включает четыре типа углов и восемь типов линий. Эти правила были выведены из характеристики градиента (Gradient Feature) для уменьшения объема вычислений.

На выходе также получается вектор размером $12 \times 8 \times 4 = 384$ бит.

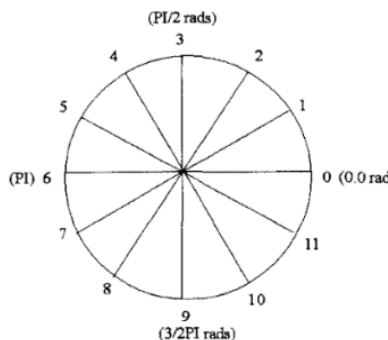


Рис. 2. Области, в которые может попасть направление градиента

Набор правил

Правило	Описание	Сосед 1	Сосед 2
1	Горизонтальная линия, тип 1	N 0 (2,3,4)	N 4 (2,3,4)
2	Горизонтальная линия, тип 2	N 0 (8,9,10)	N 4 (8,9,10)
3	Вертикальная линия, тип 1	N 2 (5,6,7)	N 6 (5,6,7)
4	Вертикальная линия, тип 2	N 2 (1,0,11)	N 6 (1,0,11)
5	Восходящая диагональ, тип 1	N 5 (4,5,6)	N 1 (4,5,6)
6	Восходящая диагональ, тип 2	N 5 (10,11,0)	N 1 (10,11,0)
7	Нисходящая диагональ, тип 1	N 3 (1,2,3)	N 7 (1,2,3)
8	Нисходящая диагональ, тип 2	N 3 (7,8,9)	N 7 (7,8,9)
9	Угол 1	N 2 (5,6,7)	N 0 (8,9,10)
10	Угол 2	N 6 (5,6,7)	N 0 (2,3,4)
11	Угол 3	N 4 (8,9,10)	N 2 (1,0,11)
12	Угол 4	N 6 (1,0,11)	N 4 (2,3,4)

Характеристики, основанные на кривизне [4]. Характеристики вогнутости (кривизны) являются самыми грубыми характеристиками изображения. Они могут быть разбиты на 3 подкласса характеристик:

1. Распределение плотности пикселей.

Распределение плотности пикселей рассчитывается для каждой ячейки сетки 8×4 как количество черных пикселей в данной ячейке, после чего полученные значения сравниваются с пороговым. Выходной вектор имеет размер $8 \times 4 = 32$ бита.

2. Характеристика длинных линий.

Данная характеристика захватывает длинные горизонтальные и вертикальные линии изображения, после чего полученные значения аналогично сравниваются с пороговым. Выходной вектор имеет размер $2 \times 8 \times 4 = 64$ бита.

3. U/D/L/R/H-характеристика.

Данная характеристика представляет собой «оператор-звезду»: из каждого пикселя испускаются «лучи» в восьми направлениях. Выходной вектор строится на основе конечных состояний выпущенных «лучей»: чёрный пиксель – 1, выход за границы – 0. Выходной вектор имеет размер $8 \times 8 \times 4 = 256$ бит.

Реализация алгоритма GSC. В ходе выполнения учебной научно-исследовательской работы была создана программа, реализующая алгоритм GSC. Приложение было написано на языке программирования C# в среде программирования Microsoft Visual Studio 2010. Программа предоставляет пользователю следующие возможности: открытие изображения из файла, расчет ключевых характеристик открытого изображения по алгоритму GSC и их сохранение в текстовый файл.

На рис. 3 приведен результат работы программы, представляющий собой набор векторов, отвечающих за различные характеристики подписи.

G[1,1]:	1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 0	S[1,1]:	1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0	CP0[1]:	1 1 1 1 1 0 1 0	U/D/L/R/H	[1,1]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[1,2]:	0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0	S[1,2]:	1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0	CP0[2]:	1 1 1 1 1 1 1 1	U/D/L/R/H	[1,2]:	1 1 1 1 1 0 1 1
G[1,3]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[1,3]:	1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0	CP0[3]:	0 1 1 1 1 0 1 1	U/D/L/R/H	[1,3]:	0 0 0 0 0 0 0 0
G[1,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[1,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	CP0[4]:	0 0 0 0 0 0 0 0	U/D/L/R/H	[1,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0
G[2,1]:	0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0	S[2,1]:	1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0	LS [1,1]:	1 1	U/D/L/R/H	[2,1]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[2,2]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[2,2]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0	LS [1,2]:	0 1	U/D/L/R/H	[2,2]:	1 1 1 1 1 1 1 0
G[2,3]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[2,3]:	0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1	LS [1,3]:	0 0	U/D/L/R/H	[2,3]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[2,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[2,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	LS [1,4]:	0 0	U/D/L/R/H	[2,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0
G[3,1]:	0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1	S[3,1]:	0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1	LS [2,1]:	1 1	U/D/L/R/H	[3,1]:	1 1 1 1 0 1 0 1
G[3,2]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[3,2]:	1 1 1 1 1 0 0 1 1 0 1 1	LS [2,2]:	1 1	U/D/L/R/H	[3,2]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[3,3]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[3,3]:	0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0	LS [2,3]:	0 0	U/D/L/R/H	[3,3]:	1 1 1 1 1 0 1 1
G[3,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[3,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	LS [2,4]:	0 0	U/D/L/R/H	[3,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0
G[4,1]:	1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0	S[4,1]:	1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1	LS [3,1]:	1 1	U/D/L/R/H	[4,1]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[4,2]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[4,2]:	1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 1	LS [3,2]:	0 1	U/D/L/R/H	[4,2]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[4,3]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[4,3]:	0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0	LS [3,3]:	0 0	U/D/L/R/H	[4,3]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[4,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[4,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	LS [3,4]:	1 1	U/D/L/R/H	[4,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0
G[5,1]:	0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[5,1]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	LS [4,1]:	0 0	U/D/L/R/H	[5,1]:	1 1 1 1 1 0 1 0
G[5,2]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[5,2]:	0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0	LS [4,2]:	0 0	U/D/L/R/H	[5,2]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[5,3]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[5,3]:	0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 0	LS [4,3]:	0 0	U/D/L/R/H	[5,3]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[5,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[5,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	LS [4,4]:	0 1	U/D/L/R/H	[5,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0
G[6,1]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[6,1]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	LS [5,1]:	0 0	U/D/L/R/H	[6,1]:	0 0 0 0 0 0 0 0
G[6,2]:	0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[6,2]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	LS [5,2]:	0 0	U/D/L/R/H	[6,2]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[6,3]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[6,3]:	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0	LS [5,3]:	1 1	U/D/L/R/H	[6,3]:	0 0 0 0 0 0 0 0
G[6,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[6,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	LS [5,4]:	0 0	U/D/L/R/H	[6,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0
G[7,1]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[7,1]:	1 1 1 1 1 0 0 1 1 2 0 0	LS [6,1]:	0 0	U/D/L/R/H	[7,1]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[7,2]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[7,2]:	1 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0	LS [6,2]:	0 1	U/D/L/R/H	[7,2]:	1 1 1 1 1 0 1 0
G[7,3]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[7,3]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	LS [6,3]:	0 0	U/D/L/R/H	[7,3]:	1 1 1 1 1 0 1 1
G[7,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[7,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	LS [6,4]:	0 0	U/D/L/R/H	[7,4]:	0 0 0 0 0 0 0 0
G[8,1]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	S[8,1]:	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	LS [7,1]:	0 0	U/D/L/R/H	[8,1]:	0 0 0 0 0 0 0 0
G[8,2]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[8,2]:	1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 0	LS [7,2]:	1 1	U/D/L/R/H	[8,2]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[8,3]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[8,3]:	0 1 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0	LS [7,3]:	0 1	U/D/L/R/H	[8,3]:	1 1 1 1 1 1 1 1
G[8,4]:	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0	S[8,4]:	0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0	LS [7,4]:	0 0	U/D/L/R/H	[8,4]:	1 0 0 1 1 0 0 0

Рис. 3. Характеристики подписи

Следующим шагом предполагается проведение исследования идентификации образа подписи по выделенным признакам, оценка и сравнение информативности отдельных признаков, сравнение идентификации подписи по образу и по динамике простановки.

Работа поддержана Министерством образования и науки, проект № 1220 «Фундаментальные основы проектирования информационно-безопасных систем».

Литература

1. Нейронные сети [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/neural-networks.html> (дата обращения: 14.04.2014).
2. Использование алгоритма обратного распространения ошибки [Электронный ресурс]. URL: http://sernam.ru/book_gen.php?id=69 (дата обращения: 25.04.2014).

3. Handprinted Character/Digit Recognition [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cedar.buffalo.edu/~srihari/papers/IWFHR-94.pdf> (дата обращения: 04.05.2014).

4. A Multiple Feature/Resolution Approach to Handprinted Digit and Character Recognition [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cs.bgu.ac.il/~tip121/wiki.files/Multiple-FeatureResolution.pdf> (дата обращения: 12.05.2014).

УДК 004.052.42

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММ

С.А. Черепанов, И.В. Черноусов, М.М. Антонов, П.Е. Густокашин

Разработана система, позволяющая проводить проверку корректности исходных кодов программ, решающих поставленную задачу. Разработанная система характеризуется высокой производительностью, интерактивным взаимодействием с пользователем, доступностью результатов в реальном времени, совместимостью с форматами олимпиад по программированию АСМ и ВКОШП.

Ключевые слова: тестирование, исходный код, программа, web-сайт.

Проблема автоматизированного тестирования программ. Суть проблемы автоматизированного тестирования программ заключается в отсутствии объективных методов оценки корректности решений.

Одним из методов оценки корректности является визуальный анализ программного кода. Анализ производится человеком и потому не может являться объективным. Еще одним методом является тестирование – подача на вход программы небольшого набора тестов и сравнение реальных выходных данных с ожидаемыми выходными данными. Однако для достижения объективной оценки количество тестов должно быть достаточным для того, чтобы были покрыты все возможные ситуации. Очевидно, ручная проверка одной программы требует огромного количества времени и влечет за собой невозможность контроля ограничений.

Цель. Создание программного метода объективной оценки правильности написанных решений.

Задачи. Разработать программную систему, обладающую следующими характеристиками: высокая производительность, доступность результатов в реальном времени, интерактивное взаимодействие с пользователем, совместимость с правилами олимпиад по программированию АСМ и ВКОШП.

Инструментарий. Для решения поставленной задачи были использованы современные инструменты (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Использованные инструменты

Тип	Название
Система контроля версий	Mercurial
Технологии виртуализации	VM Ware
Языки программирования	Ruby, Java, Batch
Операционные системы	Ubuntu Linux, Windows 7
Среда разработки	RubyMine IDE
Фреймворк	Ruby On Rails
СУБД	PostgreSQL

Выбор данного инструментария позволяет разработать систему в соответствии со всеми предъявляемыми к ней требованиями. Кроме того, разработанная система обладает гибкой архитектурой, что позволяет вносить изменения по мере необходимости.

Архитектура. Разработанная система состоит из двух логически независимых блоков: интерфейс пользователя (сайт) и сервер тестирования. Пользователь взаимодействует с сайтом, сайт отправляет информацию на сервер, который впоследствии ее обрабатывает, сохраняя в базе данных, и возвращает результат обработки пользователю (рис. 1).

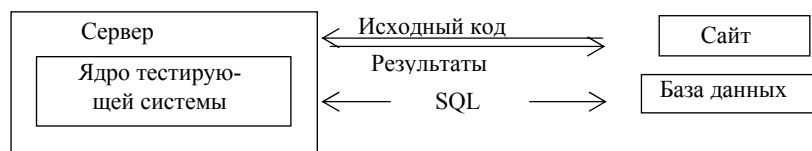


Рис. 1. Архитектура системы

Сервер является блоком, реализующим бизнес-логику тестирования: поступающий от сайта исходный код сохраняется в базе данных, после чего производится выборка всех непроверенных решений, каждое из которых впоследствии поступает в ядро для последующего тестирования.

Ядро представляет собой виртуальную машину с запущенным на ней скриптом тестирования. Данный скрипт выполняет компиляцию полученного от сервера решения, последующий его запуск на наборе тестов и отслеживание выполнения установленных ограничений [1].

Результат выполнения решения на каждом тесте сохраняется и впоследствии обрабатывается сервером, который, в свою очередь, генерирует один из возможных вердиктов (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Вердикты тестирования

Сокращение	Расшифровка	Условие получения
SE	System error	Ошибка на стороне сервера
CE	Compilation error	Ошибка компиляции решения
TLn	Time limit exceeded on test n	Превышено допустимое время работы на тесте n
MLn	Memory limit exceeded on test n	Попытка использовать больше памяти, чем дозволено
REn	Runtime error on test n	Программа завершилась с ненулевым кодом возврата
PEn	Presentation error on test n	Ошибка в формате выходных данных на тесте n
WAn	Wrong answer on test n	Получен неверный ответ на тесте n
AC	Accepted	Успешно пройдены все тесты, решение правильное

Отметим, что одно решение получает один вердикт. При одновременном выполнении нескольких условий получения генерируется вердикт, находящийся в таблице выше [2].

Ядро автоматизированной системы. Как уже было сказано, задачей ядра является определение успешности прохождения решением каждого теста. Для описания математической модели введем следующие обозначения:

S – множество решений, т.е. программ, написанных на каком-либо языке программирования; O – множество всех выводов решений; T – множество всех тестовых случаев.

Пусть $s \in S, t \in T$.

Введем отображение

$$f: S \times T \rightarrow O. \quad (1)$$

Смысл данного отображения заключается в том, что каждой паре <решение, тест> мы сопоставляем единственный вывод.

Также введем отображение

$$A: E \times O \rightarrow [0,1]. \quad (2)$$

Смысл данного отображения заключается в следующем: паре <тест, ответ> мы сопоставляем «1» тогда и только тогда, когда ответ может являться верным для заданного теста. В противном случае данной паре мы сопоставляем «0».

Таким образом, программа является корректной тогда и только тогда, когда выполняется следующее соотношение:

$$A(t, f(s, t)) = 1. \quad (3)$$

В процессе применения данной модели к реальной системе возникают новые обстоятельства. В частности, для одной и той же задачи может существовать множество решений, различных по потребляемым ресурсам.

В качестве примера возьмем задачу коммивояжера. Сложность переборного решения составляет $O(n!)$, где n – количество вершин в графе [3]. Для 10 вершин такое решение выполнится за разумное время. Однако уже для 20 вершин такое решение будет работать около 700 лет. Используя алгоритм динамического программирования, можно сократить сложность до $O(2^n n^2)$. Тогда для 20 вершин решение выполнится за разумное время.

Для того чтобы отсеять неоптимальные решения, необходимо ввести дополнительные ограничения количества используемого времени и используемой памяти. Если программа превысила хотя бы одно из данных ограничений, то она считается недостаточно оптимальной и завершается.

Взаимодействие с системой. Задания должны иметь чётко сформулированные условия, описания формата входных и выходных данных, ограничения по времени работы и используемой памяти. Ознакомившись на сайте с условием задачи и написав исходный код программы для её решения, студент использует форму отправки. В форму помещается исходный код с указанием используемого компилятора.

В случае успешной компиляции полученный исполняемый файл запускается системой на наборе тестов, соответствующем задаче.

Результат тестирования доступен в очереди попыток пользователя на сайте. Он содержит данные об использованном времени и памяти, а также назначенный тестирующей системой вердикт.

Кроме того, результаты заносятся в сводную таблицу, содержащую сравнительную характеристику всех пользователей по результатам решений задач одного блока.

Сводная таблица результатов. Согласно правилам АСМ на рейтинг участников влияет количество сданных задач, суммарное время сдачи задач, а также количество неудачных попыток.

Задача считается сданной участником, если его решение для неё получило АС. Решений на задачу можно послать как угодно много, причём их можно посылать и после получения АС, но на рейтинг это уже не влияет.

За каждую сданную задачу участник получает надбавку к суммарному времени сдачи. Эта надбавка складывается из времени сдачи задачи (считая от старта конкурса) и штрафного времени – по 20 мин за каждую неудачную попытку сдачи.

Рейтинг участников конкурса в каждый момент времени отражает таблица результатов. Команды в этой таблице представлены строками, а их места соответствуют номерам строк в ней. Строка таблицы содержит место участника, его логин (или название команды), суммарное число сданных задач, суммарное время сдачи и ячейки, соответствующие каждой задаче конкурса. В этих ячейках может находиться один из знаков, представленных в табл. 3.

Таблица 3

Возможные знаки в полях таблицы результатов

.	Участник не посылал решений на задачу
+	Участник сдал задачу с первой попытки
+ k	Участник сдал задачу после k неудачных попыток
- k	У участника k неудачных попыток сдачи

Кроме того, для сданных задач под этим знаком в ячейке указано время сдачи.

Таким образом, другим участникам известно число неудачных попыток, но не полученные при этом вердикты.

Данные в табл. 3 результаты обновляются всякий раз, как тестирующая система проверила очередное решение из очереди попыток.

Безопасность. Нетрудно заметить, что пользователь системы имеет возможность запустить на сервере тестирования любой код. Очевидно, что запуск абсолютно любого кода является недопустимым, так как пользователь может модифицировать файловую систему, произвести запуск стороннего приложения, изменить скрипт тестирования. Чтобы этого не произошло, все решения запускаются на виртуальной машине, которая не имеет доступа к скрипту тестирования. Кроме того, все решения запускаются под именем специально созданного пользователя, у которого нет никаких прав, кроме права на чтение и запись в папке с решением. После выполнения решения папка полностью очищается.

Такой подход позволяет обеспечить должную безопасность и скорость восстановления после возможного сбоя – в этом случае достаточно лишь восстановить файл виртуальной машины.

Заключение. Разработана автоматизированная система тестирования программ, обладающая следующими характеристиками:

1. Высокая скорость обработки поступающей информации. Один раз в секунду сервер забирает все непроверенные решения из базы данных и передает их на тестирование виртуальной машине.
2. Доступность результатов проверки в реальном времени. Сгенерированный сервером вердикт сразу же отображается на сайте.
3. Совместимость с форматами олимпиад по программированию ACM и ВКОШП.
4. Возможность запуска решения на наборе тестов с заданными ограничениями.

Разработанная система может быть использована в учебном процессе. Для этого необходимо сформировать список задач и тестов к ним. Кроме того, данная система может быть использована для проведения студенческих олимпиад по спортивному программированию (формат олимпиад ACM), а также для школьных олимпиад (формат ВКОШП).

В настоящее время данная система активно применяется на практике: на ней проводятся лабораторные, тренировки, олимпиады различных уровней.

Литература

1. Ruby S. Agile Web Development with Rail / S. Ruby, D. Thomas, D. Hansson. Dallas: The Pragmatic Bookshelf, 2012. 476 p.
2. ACM ICPC Regional Rules [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://icpc.baylor.edu regionals/rules>, свободный (дата обращения: 13.13.2013).
3. Cormen T. Introduction to algorithms / T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest, C. Stein. McGraw-Hill Science, 2003. 1056 p.

УДК 004.056

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ УГРОЗ В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ЭКСПЕРТОВ

Б.И. Ефимов

Рассмотрена возможность использования инструментальных средств анализа рисков в системах принятия решений с привлечением экспертов. Предложено решение задачи вычисления вероятности принятия ложного решения в результате воздействия угроз информационной безопасности.

Ключевые слова: информационная безопасность, системы принятия решений, угрозы.

В любой сфере деятельности человека постоянно возникает огромное количество проблем, требующих оперативного принятия решений. В настоящее время разработаны и математически описаны различные модели и методы принятия решений.

Во многих случаях, особенно когда по принимаемому вопросу не наработана необходимая база данных, целесообразно использовать мнения экспертов-аналитиков, показавших достаточный уровень знаний в какой-либо конкретной области. Развитие современных информационных технологий дает возможность привлекать к опросу экспертов вне зависимости от того, где они находятся географически, и, кроме того, обеспечивает требуемую оперативность.

Требования к обеспечению информационной безопасности систем принятия решений с привлечением экспертов. При разработке систем принятия решений с привлечением экспертов обеспечение информационной безопасности является одной из важнейших задач.

При рассмотрении вопроса защиты информационных систем для определения необходимого уровня информационной безопасности должны учитываться как формализованные требования, заданные соответствующими нормативными документами, так и дополнительные требования, зависящие от текущей статистики угроз и гипотетически возможных угроз для конкретного защищаемого объекта. Формализованные требования определяют базовый уровень информационной безопасности, рассматривается стандартный набор наиболее распространенных угроз безопасности и применяется типовый набор контрмер. При наличии дополнительных требований должен быть проведен полный вариант анализа рисков информационной системы.

Для различных информационных систем задачи обеспечения информационной безопасности бывают различными и варьируются в широких пределах. В системах принятия решения с привлечением экспертов для лица, принимающего решение (ЛПР), значимым является конечный результат – выбор экспертами одной из предложенных альтернатив.

Поэтому система защиты информации должна быть построена таким образом, чтобы выполнялась единственная задача – решение, принимаемое при условии реализации возможных угроз, должно быть таким же, что и решение, которое было бы принято системой при полном отсутствии угроз информационной безопасности [1]. При этом угрозы являются существенными только в том случае, если они приводят к изменению выбранной экспертами альтернативы. Будем считать, что для ЛПР требование, чтобы при возможных угрозах безопасности выбиралась та же альтернатива, что и в случае отсутствия угроз, является как необходимым, так и достаточным, т.е. значение «перевеса», с которым побеждает одна альтернатива над другой, и процентное распределение голосов экспертов между альтернативами не имеют никакого значения.

Возможность применения существующих средств анализа рисков в системах принятия решений с привлечением экспертов. Существующие в настоящее время инструментальные средства анализа и управления рисками в зависимости от выполняемых задач можно разделить на средства базового уровня и средства полного анализа рисков.

Информационную систему принятия решений с привлечением экспертов нельзя назвать «типовой» информационной системой, так как задачи по обеспечению ИБ в данных системах сильно отличаются от «типовых» задач обеспечения ИБ распределенных информационных систем (обеспечение конфиденциальности, доступности и целостности информации). В системах принятия решения главной задачей системы в целом является недопущение изменения решения экспертов, при этом приведенные « типовые » требования могут быть в определенной степени нарушены. Поэтому использования средств базового уровня в системах принятия решений недостаточно.

Существующие программные средства обеспечения повышенного уровня безопасности можно классифицировать в зависимости от используемых в них методов и подходов к оценке рисков информационной безопасности [2]:

- методы оценки рисков с использованием качественных показателей;
- методы, оценивающие величину ущерба как стоимость восстановления ресурса;
- методы, оценивающие риск как математическое ожидание среднегодовых потерь;
- методы, рассматривающие информацию в качестве основного объекта защиты (модель информационных потоков, модель анализа угроз и уязвимостей).

Как показано в [2], в целом для оценки рисков систем принятия решений с привлечением экспертов не подходит ни один из существующих методов анализа рисков. Несмотря на все разнообразие указанных средств, все они исходят из предположения, что любые угрозы информационной безопасности, на какой бы элемент системы они не были направлены, приводят к тому или иному снижению уровня безопасности информационной системы в целом, т.е. любое вложение в защиту информации снижает риски.

Однако применительно к системам принятия решений с привлечением экспертов должен использоваться другой подход, определяющий, что существен-

ными являются лишь те угрозы, которые приводят к изменению выбранной экспертами альтернативы. Соответственно, и система защиты информации должна строиться таким образом, чтобы обеспечить выполнение указанного требования.

Воздействие угроз информационной безопасности в системах принятия решений с привлечением экспертов. Рассмотрим, как влияют угрозы информационной безопасности по изменению и блокированию ответов экспертов на принятие решения по выбору одной из двух альтернатив.

Для вычисления вероятности принятия ЛПР решения, отличного от решения, которое было бы принято по результатам опроса экспертов при отсутствии угроз информационной безопасности, определим следующие моменты:

- опрос экспертов проводится по выбору одной из двух альтернатив: «0» и «1»;
- действия злоумышленника направлены на принятие альтернативы «0»;
- угрозы по блокированию ответа эксперта в процессе передачи до ЛПР являются случайными угрозами и могут быть реализованы в отношении любого эксперта.

Введем следующие обозначения:

m – общее количество экспертов, принимающих участие в голосовании;

n – количество экспертов, проголосовавших за альтернативу «1»;

$(m-n)$ – количество экспертов, проголосовавших за альтернативу «0»;

$P_{\text{change } i}$ – вероятность изменения злоумышленником ответа i -го эксперта;

$P_{\text{bloc } i}$ – вероятность блокирования ответа i -го эксперта в процессе передачи до ЛПР.

Необходимо рассматривать только те случаи, когда эксперты в большинстве проголосовали за альтернативу «1» или поровну с альтернативой «0», но действия злоумышленника могут привести к принятию альтернативы «0». При этом возможны следующие события:

$Answ1$ – количество дошедших до ЛПР ответов за альтернативу «1» больше, чем за альтернативу «0»; лицом, принимающим решение, выбирается альтернатива «1»;

$AnswEq$ – количество дошедших до ЛПР ответов за альтернативы «1» и «0» равно, назначается повторное голосование;

$Answ0$ – количество дошедших до ЛПР ответов за альтернативу «1» меньше, чем за альтернативу «0»; лицом, принимающим решение, выбирается альтернатива «0».

Рассмотрим два частных случая: когда отсутствуют угрозы по блокированию ответов экспертов ($P_{\text{bloc } i} = 0$), причем вероятности изменения ответов экспертов $P_{\text{change } i}$ одинаковы для всех экспертов, и отсутствуют угрозы по изменению ответов экспертов ($P_{\text{change } i} = 0$), причем вероятности блокирования ответов экспертов $P_{\text{bloc } i}$ одинаковы для всех экспертов.

Определение вероятности принятия ложного решения под воздействием угроз по изменению ответов экспертов. Вероятность выбора ЛПР альтернативы «0» (событие $A0$), т.е. вероятность того, что действия злоумышленника приводят к изменению выбранной экспертами альтернативы, можно вычислить по формуле (с учетом повторных голосований при возникновении события $AnswEq$):

$$P(A0) = P(Answ0) + P(AnswEq) \cdot \frac{P(Answ0)}{P(Answ1) + P(Answ0)} = \frac{P(Answ0)}{1 - P(AnswEq)}. \quad (1)$$

Как показано в [3], вероятности $P(AnswEq)$, $P(Answ0)$ при отсутствии угроз по блокированию ответов экспертов находятся по формулам (2), (3):

$$P(AnswEq) = (P_{\text{change}})^{(n-m/2)} \cdot (1-P_{\text{change}})^{(m/2)} \cdot \frac{n!}{(n-m/2)! \cdot (m/2)!}, \quad (2)$$

$$P(Answ0) = \sum_i ((P_{\text{change}})^i \cdot (1-P_{\text{change}})^{(n-i)} \cdot C_n^i) = \sum_i ((P_{\text{change}})^i \cdot (1-P_{\text{change}})^{(n-i)} \cdot \frac{n!}{i! \cdot (n-i)!}), \quad (3)$$

$i = \{n-m/2+1, n-m/2+2, \dots, n\}$, если m – четное;

$i = \{n-(m+1)/2+1, n-(m+1)/2+2, \dots, n\}$, если m – нечетное.

На рис. 1 представлены зависимости вероятности $P(A0)$ от вероятности изменения отдельного ответа эксперта P_{change} , но при постоянном соотношении количества ответов экспертов за альтернативы «0» и «1» ($n/m = 0,6, 0,8$). На графике приведены зависимости при $m = \{10, 20, 40\}$.

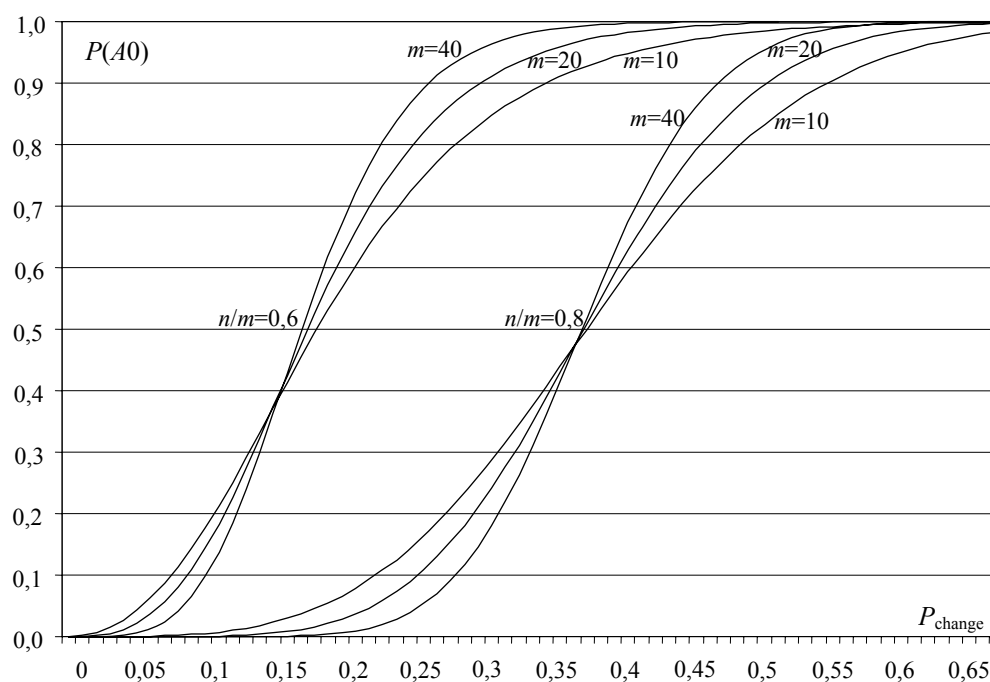


Рис. 1. Вероятность события $A0$ в зависимости от P_{change} при разных значениях m

Из графика видно, что для каждого соотношения n/m существует определенное значение P'_{change} , при котором вероятности наступления события $A0$ для различных значений m одинаковы.

При $P_{\text{change}} < P'_{\text{change}}$ увеличение количества экспертов m приводит к уменьшению вероятности изменения выбранной экспертами альтернативы.

При $P_{\text{change}} > P'_{\text{change}}$ увеличение количества экспертов m приводит к увеличению вероятности изменения выбранной экспертами альтернативы.

Определение вероятности принятия ложного решения под воздействием угроз по блокированию ответов экспертов. Вероятность выбора ЛПР альтернативы «0» (событие $A0$) вычисляется так же, как и в случае воздействия угроз по изменению ответов экспертов, – по формуле (1).

Как показано в [4], вероятности $P(AnswEq)$, $P(Answ0)$ при отсутствии угроз по изменению ответов экспертов находятся по формулам (4), (5):

$$P(AnswEq) = \sum_{k=0}^{m-n-1} (P_{\text{bloc}})^{(2n-m+2k)} (1-P_{\text{bloc}})^{2(m-n-k)} \frac{n! (m-n)!}{k! (2n-m+k)! ((m-n-k)!)^2}, \quad (4)$$

$$P(Answ0) = \sum_{k=0}^{m-n-1} ((P_{\text{bloc}})^k \cdot (1-P_{\text{bloc}})^{(m-n-k)} \cdot \frac{(m-n)!}{k! (m-n-k)!} \times \\ \times \sum_{l=2n-m+k+1}^n ((P_{\text{bloc}})^l \cdot (1-P_{\text{bloc}})^{(n-l)} \cdot \frac{n!}{l! (n-l)!})). \quad (5)$$

На рис. 2 представлена зависимость вероятности $P(A0)$ от вероятности блокирования отдельного ответа эксперта P_{bloc} , при различных значениях количества экспертов ($m = \{10, 20, 40\}$) и различных соотношениях ответов экспертов, поданных за альтернативы «0» и «1» ($n/m = \{0,6; 0,8\}$).

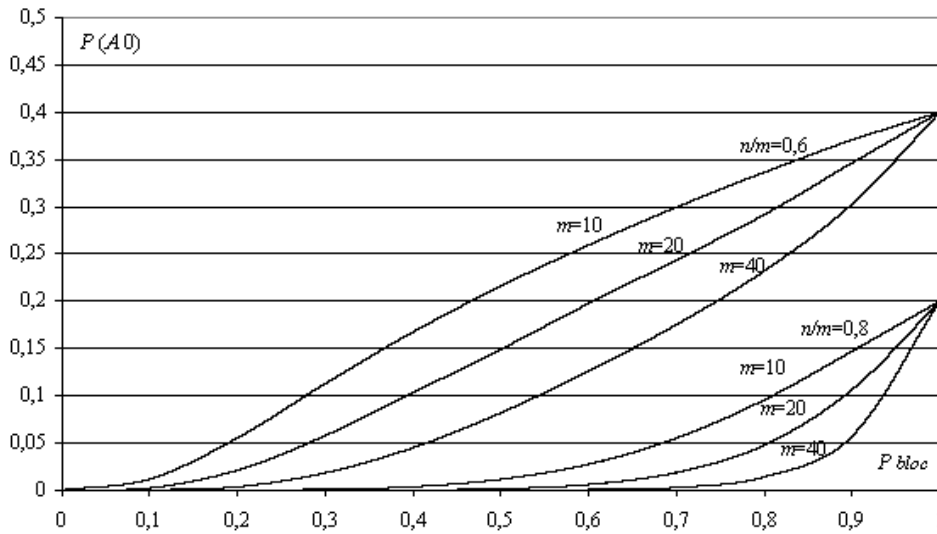


Рис. 2. Вероятность события $A0$ в зависимости от P_{bloc} при разных значениях m и n/m

Из данного графика видно, что при $P_{\text{bloc}} \rightarrow 1$ значение вероятности $P(A0)$ стремится к значению доли экспертов, проголосовавших за альтернативу «0» ($1-n/m$).

Кроме того, как и в случае воздействия угроз информационной безопасности, направленных на изменение ответов экспертов, при наличии угроз по блокированию ответов экспертов вероятность принятия ложного решения увеличивается при уменьшении относительного количества экспертов n/m , проголосовавших за альтернативу «1» ($m - \text{const}$, $P_{\text{bloc}} - \text{const}$).

При увеличении количества экспертов m , вероятность принятия ложного решения $P(A0)$ уменьшается при любых значениях вероятности блокирования ответов экспертов P_{bloc} , в отличие от случаев воздействия угроз по изменению ответов экспертов, при которых увеличение m приводит к уменьшению $P(A0)$ не при всех значениях P_{change} .

Литература

1. Ефимов Б.И. Применение алгоритмов теории графов для решения задач, связанных с обеспечением информационной безопасности в системах принятия решений // Системы управления и информационные технологии. 2009. № 1.3 (35). С. 342–346.
2. Ефимов Б.И. Возможность применения существующих средств анализа рисков в системах принятия решений с привлечением экспертов // Омский научный вестник. Серия Приборы, машины и технологии. 2011. № 3 (103). С. 281–284.
3. Ефимов Б.И. Вероятность принятия ложного решения под воздействием угроз информационной безопасности в системах принятия решений с привлечением экспертов / Б.И. Ефимов, Р.Т. Файзуллин // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2013. № 1 (27). С. 69–74.
4. Ефимов Б.И. Устойчивость объективного решения экспертов при воздействии угроз по блокированию информации в системах принятия решений с привлечением экспертов / Б.И. Ефимов, Р.Т. Файзуллин // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2014. № 2 (32). С. 66–70.

УДК 004.622

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИКТОРА В РАМКАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ГОЛОСА

А.В. Котенко

Рассмотрен речевой аппарат человека с целью изучения причин появления индивидуальных особенностей диктора. Рассмотренные причины и особенности будут использованы при создании алгоритмов по устранению индивидуальных особенностей диктора в речевом сигнале, а также в дальнейшем исследовании возможностей изменения речи и имитации голоса.

Ключевые слова: изменение голоса, форманты, речевые особенности, речеобразование.

В настоящее время миром правят знания. Информацию можно добывать, получать, торговать ею, использовать как средство защиты или нападения. Несомненно, оружие, военная сила – очень весомый аргумент, но это уже последний шаг, почти не применимый в современном мире. И когда появляется необходимость тонкого воздействия, грамотное использование информации незаменимо, оно становится оружием невероятной силы. И здесь важно развитие всех направлений использования информации – разработка новых и улучшение текущих способов и средств как обороны от возможных информационных атак, так и наступления в рамках ведения информационной войны.

Рассматривая возможные средства информационной атаки, важную часть занимает дезинформация противника. И несмотря на то, что сейчас весь обмен данными производится в цифровом виде, дезинформирование возможно не только через кражу и подмену носителя данных, взлом шифров, подключение к вражеским каналам передачи данных и т.п., но и через смысловую подмену информации. К примеру, дезинформация конечного получателя информации через подмену ожидаемой информации на необходимую путем имитации речи первоначального диктора-источника (или мишень имитации).

При этом первым этапом имитации речи мишени имитации является очистка от индивидуальных особенностей речевого сигнала, полученного диктором-имитатором.



Рис. 1. Общая схема процесса преобразования речи

Далее стоит вопрос в том, кому именно мы передаем сымитированную речь. Тут есть два вполне очевидных варианта:

1. Человек – это передача нужной дезинформации по радио, подделка каких-то записей, в общем то, что предназначено для человеческих ушей.

2. Не человек – это СКУД на основе распознавания голоса, иные анализаторы речи.

Поскольку принципы работы СКУД на основе распознавания речи достаточно разнообразны и в большинстве своем являются проприетарными разработками (абсолютно закрыты), сделать какой-то общий подход (или хотя бы частный подход для одной системы) к подделке речи не представляется возможным в краткосрочной перспективе.

Поэтому в данной работе рассматривается возможность создания голосовых сообщений от лица диктора-мишени для людей-слушателей. Поскольку такая система представляет собой взаимодействие «передатчик/приемник», то и направления воздействия есть два – использование недостатков человеческого слуха и исследование причин появления индивидуальности в речи. На этом и будут основаны исследования, а именно рассмотрены особенности и различия человеческой речи, а также слуха.

Аналоги. В рамках модификации речи для слушателя-человека существует достаточно много различного программного обеспечения (ПО), в самых разных ценовых категориях – от бесплатных до дорогих коммерческих и военных разработок.

Примеры зарубежных разработок:

- AV Voice Changer Diamond;
- Scramby;
- Voxal Voice Changer.

Примеры отечественных разработок

- «Центр речевых технологий» – ПАК «Золушка II»;
- Разработки фирмы «Стел-Компьютерные системы».

При анализе аналогов выявляется несколько особенностей:

– Если ПО распространяется на бесплатной основе или стоит относительно дешево – в большинстве случаев его работа основана на потоковом изменении голоса с помощью изменения высоты, скорости голоса, а также определенных частот. Однако эти методы слишком грубы, чтобы ими можно было достоверно имитировать чей-то голос.

– Если же мы говорим о профессиональном коммерческом ПО – качество и гибкость его работы существенно выше, однако цена вопроса возрастает иногда на порядки. Кроме этого, принципы работы ПО остаются закрытыми, за этим стоят свои научные и дорогие разработки.

Рассматривая вопрос аналогов, стоит отметить один момент – пользователь вне зависимости от всего получает конечный результат без возможности просмотра какого-либо промежуточного результата. В данной же работе планируется получение этого самого промежуточного результата – речевого сигнала, очищенного от индивидуальных особенностей диктора.

Индивидуальные речевые особенности диктора. Исходя из работы [1], можно выделить следующие типы информации, содержащиеся в речи:

- биологическая информация (размеры, физические данные, пол, возраст и составляющие состояния здоровья);
- психологическая информация (характеристика личности);
- социальная информация (интегративная акустическая информация о происхождении, социальном статусе и т.д.);
- групповая информация (региональная, профессиональная и т.д.);
- идиосинкразическая информация (индивидуальная специфика);
- аффективная информация (информация об изменениях в состоянии говорящего).

Предполагая тот факт, что диктор-имитатор способен в своей речи использовать необходимый текст, настроение, ритм, соответствующие мишени имитации, нас интересует устранение биологических особенностей, т.е. передача в речи информации о возрасте, поле, физических данных и т.д.

Исходя из этого, следует обратиться к механизму речеобразования и физиологическим особенностям речевого аппарата человека для изучения возможных особенностей голоса.

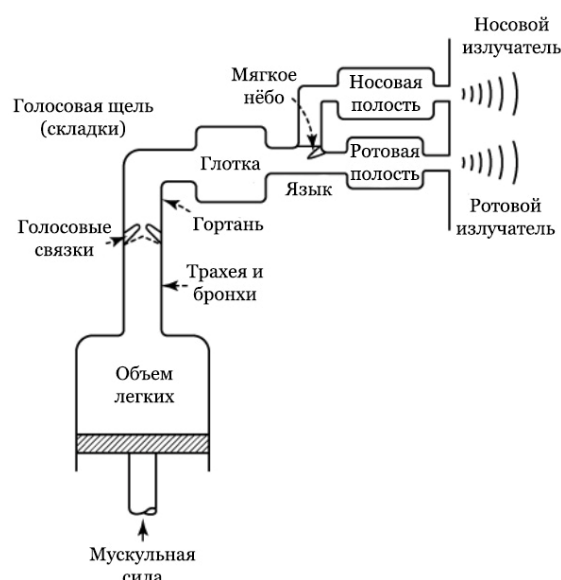


Рис. 2. Общая схема речевого аппарата человека

Механизм образования речевого сигнала. На рис. 2 представлен общесхематический вид речевого аппарата человека [2].

По данной схеме можно судить об основных принципах звукообразования: воздух, толкаемый мускульной силой из легких, проходит через трахею и голосовые связки, что вызывает первичные колебания исходящего воздуха. Эти колебания приходят через гортань в глотку, где происходит первое резонирование звуковых волн. Далее, в зависимости от состояния глотки, положения языка и мягкого неба, звуковые волны резонируют в носовой и ротовой полостях и образуют оформленный голос,

проходящий через последнее препятствие, также участвующее в образовании голоса, – губы.

Резонаторы. Поскольку звуки речи получают свою индивидуальность путем резонирования, чем больше воздействия производится на воздух, выходящий из легких, тем более разнообразными становятся звуки. При этом некоторыми час-

тиями речевого аппарата человек может манипулировать, а некоторыми – нет. Поэтому органы речи можно разделить на пассивные и активные, а резонаторы – на верхние и грудные.

К пассивным органам относятся зубы, альвеолы, твердое небо, глотка, полость носа, гортань. Это неподвижные органы, служащие точкой опоры для активных органов. К активным органам относятся язык, губы, мягкое небо, маленький язычок, надгортанник, голосовые связки.

Верхние резонаторы – это все полости, лежащие выше голосовых складок: верхний отдел гортани, глотка, ротовая и носовая полости и придаточные пазухи. Глотка и ротовая полость формируют звуки речи, повышают силу голоса, влияют на его тембр. Грудные резонаторы – бронхи, трахея. Они сообщают звуку полноту и объемность звучания [3].

В итоге можно назвать следующие основные участки, влияющие на голос:

- полость, образуемая в задней нижней части горла в области глотки;
- проход от глотки к полости рта в области корня языка;
- проход от глотки к носовой полости, изменяемый мягким нёбом (небной занавеской);
- ротовая полость, положение языка;
- отверстия, образуемые и изменяемые губами, зубами, ноздрями.

Индивидуальные особенности речи. В соответствии с вышесказанным можно выделить следующие особенности голоса, обусловленные физиологическим строением речевого аппарата:

- громкость (сила) голоса – зависит от уровня мускульной силы;
- общая высота голоса – зависит от резонирующих полостей, строения речевого аппарата;
- частота основного тона – зависит от голосовых связок.

Рассматривая данные особенности, стоит отметить, что некоторые из них являются постоянными, а некоторые – локальными. К примеру, рассматривая обыкновенную бытовую речь (т.е. не певцов, способных намеренно искажать характеристику своего голоса), в ней возможны достаточно сильные изменения в громкости и высоте голоса (в случае сильных эмоциональных всплесках), однако частота основного тона остается постоянной в большинстве случаев.

Форманты. Благодаря тому, что частота основного тона и строение резонирующих областей в общем случае остаются неизменными, частоты резонанса и гармоник речи остаются также неизменными (в рамках одного звука или фонемы). Для описания данных частот используется понятие форманты.

Форманта – термин фонетики, обозначающий акустическую характеристику звуков речи (прежде всего гласных), связанную с уровнем частоты голосового тона и образующую тембр звука. Иначе, форманта – часть тонового спектра звука, частота, определяемая по усреднённой частотной величине и обозначаемая посредством *F*. Первая и основная форманта для мужских голосов находится в районе 200–800 Гц, для женских и детских – несколько больше, в районе 250–1000 Гц. Однако в большинстве случаев для различения гласных звуков достаточно двух первых формант [4].

Одной из особенностей формант как характеристики речевого сигнала является тот факт, что у мужского голоса основных формант пять, а у женского – только четыре. В итоге такого распределения получается, что мужской голос более низкий и богат на различные оттенки (что можно объяснить необходимостью

древним людям-охотникам имитировать звуки животных), а женский – более чистый, мягкий и высокий (что позволяет общаться в открытом поле на большом расстоянии), а также легко вычленяется на фоне шумов [5].

Прочие индивидуальные особенности речи. Кроме характеристик, касающихся речевого сигнала как звука (громкость, частота формант и т.п.), существует характеристика восприятия речи слушателями – разборчивость речи.

Под разборчивостью речи понимается процент слов, воспринятых и понятых слушателем, по отношению к количеству слов, произнесенных диктором.

Существует достаточно много вещей, влияющих на разборчивость речи: громкость, правильная артикуляция источника речи, среда передачи речи (телефонный канал/вибрация стены/прямое общение по воздуху), внешние шумы, АЧХ приемника речи.

Таким образом, кроме влияния на исходную речь (изменение высоты, интенсивности, скорости речи и т.п.), можно влиять на звук, имитируя его передачу через какую-либо среду, внося изменения и подстраиваясь под приемник речи.

Разумеется, есть и другие характеристики речи: пауза между словами / предложениями, характерные особенности произношения звуков, скорость, и это только более-менее постоянные характеристики (исключая настроение и т.п.). Однако они не воспроизводимы автоматически, без большой работы человека, поэтому не рассматриваются в рамках данной работы.

Заключение. Для изменения речевого сигнала используются различные методики: использование моделей речевого тракта; использование преобразования Фурье для редактирования спектра сигнала напрямую и дальнейшее обратное преобразование; использование мел-кепстральных коэффициентов как значений, уникальных для диктора, в обработке речи; иные методики. Все они так или иначе требуют учета строения речевого тракта человека и получаемых из-за этого индивидуальных особенностей речи, а значит, этот вопрос требует отдельного рассмотрения.

Литература

1. Потапова Р.К., Потапов В.В. О многокомпонентной информации, заложенной в речевом сигнале // Акустика речи. Медицинская и биологическая акустика. Архитектурная и строительная акустика. Шумы и вибрации: Сб. трудов науч. конф. «Сессия Научного совета РАН по акустике и XXIV сессия Российского акустического общества». Т. III. М.: ГЕОС, 2011.
2. Paul Taylor. Text-to-Speech Synthesis. Cambridge University Press, 2000. 1 ed., 626 p.
3. Карп В. Речь на радио. Дыхание и голос в процессе речеобразования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vkarp.com/2013/03/02/в-карп-речь-на-радио-дыхание-и-голос-в-п/>, свободный (дата обращения: 01.09.2014).
4. Фант Г. Акустическая теория речеобразования. М.: Наука, 1964.
5. Фланаган Дж. Анализ, синтез и восприятие речи / пер. А.А. Пирогов. М.: Связь, 1968.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ БАНКОВСКОЙ СФЕРЫ

Я.К. Кротов

Изучены и проанализированы методы проведения оценки защищенности информационной системы. Была неформально и формально описана выбранная предметная область. Был проведен анализ защищенности выбранного объекта. Ведется работа над созданием математического аппарата на основе теории вероятностей и математической статистики и теории случайных процессов. Также ведется работа над созданием методики прогнозирования состояния безопасности выбранного объекта на основе создающегося математического аппарата. Программная реализация модели системы безопасности позволит прогнозировать инциденты информационной безопасности, то есть позволит получить количественный прогноз уровня защищенности информационной системы на всем жизненном цикле ее функционирования в условиях воздействия субъективных и объективных дестабилизирующих факторов.

Ключевые слова: информационная система, система безопасности, моделирование, банковская сфера, угроза, прогнозирование.

Текущее десятилетие озаглавлено тем, что информация стала, с одной стороны, расширять сферу своего влияния, а с другой стороны, общедоступна, но не все данные должны находиться в свободном доступе. Вследствие данного феномена стала актуальна проблематика становления и применения информационной безопасности, особых тактик и технологий. В настоящий момент одна из социальных сфер, требующая многоуровневой защиты данных, – банковская. Специалисты в данной области используют различные информационные системы для защиты конфиденциальной информации, к которым относятся, в первую очередь, персональные данные и финансовые операции.

Впрочем, для безопасности каждой из таких сфер существует список требований, координирующий процесс защиты данных. Что касается банков, то в данной сфере регламентацию осуществляет Банк России, разрабатывающий методы стандартизации защиты информации.

Степень изученности проблемы характеризуется широким ее изучением в российском и зарубежном научных сообществах. Однако узконаправленные системы безопасности – например, банковской сферы – изучены в недостаточной мере для осуществления теоретического анализа и практического применения.

Цель работы заключается в моделировании системы безопасности, которая позволяет получить количественный прогноз уровня защищенности информационной системы на всем жизненном цикле ее функционирования в условиях воздействия субъективных и объективных дестабилизирующих факторов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд следующих задач:

- изучение и анализ методов проведения оценки защищенности информационной системы;
- неформальное и формальное описание выбранного объекта защиты;
- проведение анализа его защищенности;
- создание математического аппарата;
- создание методики прогнозирования состояния безопасности выбранного объекта;

– программная реализация модели системы безопасности, позволяющая прогнозировать инциденты информационной безопасности.

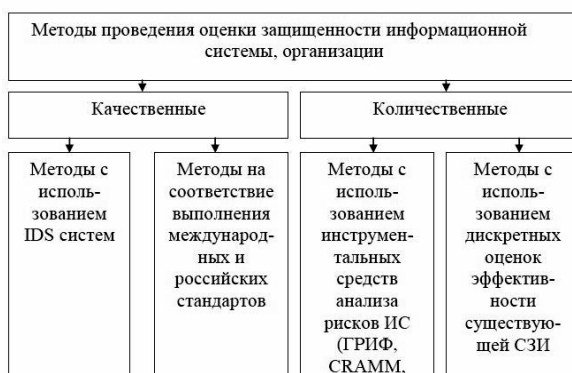
Методы оценки защищенности информационных систем. Система защиты информации должна работать и изменяться на всех этапах функционирования информационной системы, а также периодически должен проводиться анализ эффективности функционирования системы защиты информации.

Такой тип задач решается с помощью процесса оценки защищенности информации, обрабатываемой в информационной системе, по результатам которой можно сделать однозначный вывод о качестве функционирования системы защиты информации.

Определение оценки защищенности в полной мере раскрыто в стандарте Cobit. Оценка защищенности – это системный процесс получения и оценки объективных данных о системе защиты информации, устанавливающий уровень ее соответствия заданным критериям.

Оценка защищенности является важным этапом в процессе создания системы защиты информации и оценке существующей. Защищенность информационной системы в большинстве случаев сводится к оценке степени невыполнения требований какого-либо стандарта и формированию рекомендаций по увеличению уровня защиты на основе полученных данных. Еще один способ оценки заключается в проведении комплекса автоматизированных тестов по выявлению уязвимых мест информационной системы, частным случаем такой оценки является сканирование портов и определение сервисов на объекте. Все эти методы дают качественную оценку параметрам защищенности, поэтому их можно разделить в один класс качественных методик оценки защищенности.

Наряду с качественными методиками оценки защищенности существуют методики, в основе которых лежат математические модели и алгоритмы. Основным отличием таких методов является количественная оценка параметров защищенности информационной системы, частными случаями таких методик являются инструментальные средства «АванГард», «ГРИФ» и т.д. Разновидность методик оценки защищенности представлена на рис. 1.



ности информационной системы, частными случаями таких методик являются инструментальные средства «АванГард», «ГРИФ» и т.д. Разновидность методик оценки защищенности представлена на рис. 1.

Рис. 1. Методы оценки защищенности информационных систем

Неформальное описание предметной области. Посетив банк (банкомат), клиент может получить полный набор услуг в течение нескольких минут: увидеть описание системы, изучить категории операций, выбрать и оформить операцию, оплатить ее (с помощью банковского перевода), получить подтверждение выполнения операции.

Банковские операции можно производить при помощи банковской карты и банкомата. Банковская карта есть у каждого клиента. Банкомат, осуществляющий операции внесения и снятия наличных, находится в одноэтажном здании в специально предназначенной комнате для банковских операций. Доступ в здание

имеют все желающие, охрана и видеокamеры по периметру присутствуют. В сам банкомат встроена web-камера.

Формальное описание предметной области. Формальное описание предметной области при помощи методологии IDEF0 представлено на рис. 2.

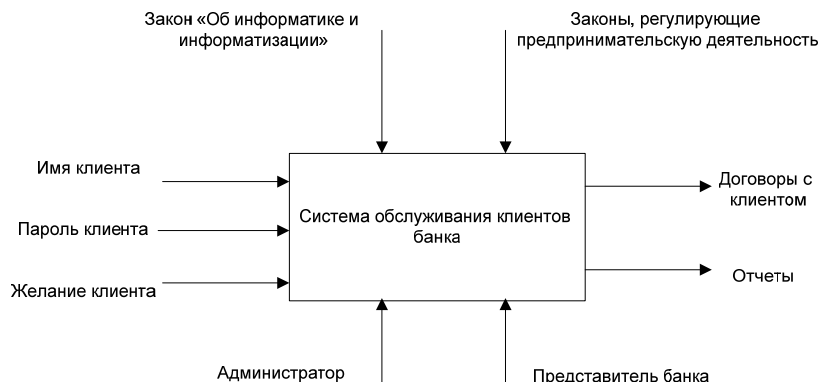


Рис. 2. Формальное описание предметной области (IDEF0)

Далее была проведена её декомпозиция, представленная на рис. 3.

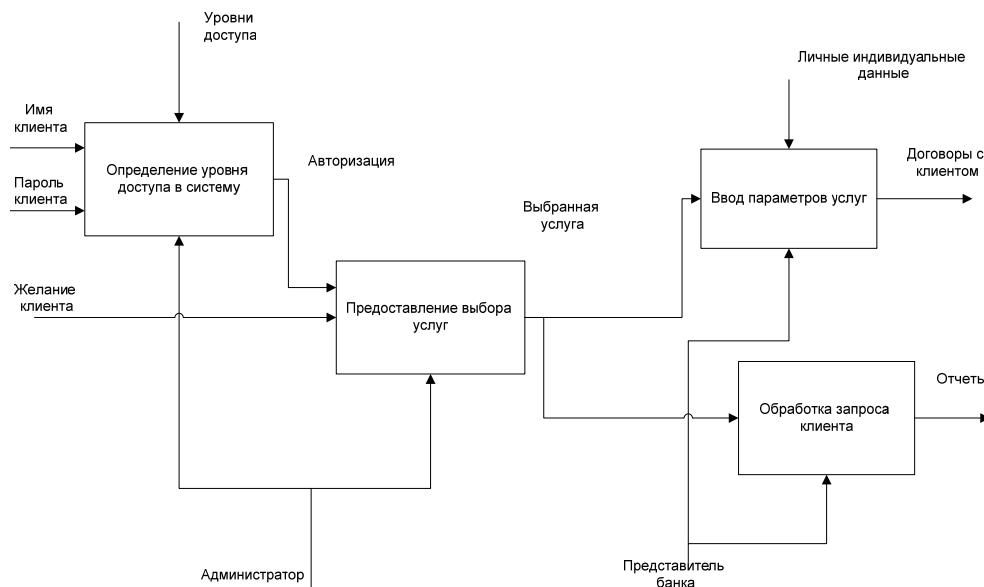


Рис. 3. Декомпозиция предметной области

После этого была проведена декомпозиция первого блока «Определение уровня доступа в систему», представленная на рис. 4.

Проведение анализа защищенности объекта. Угроза информации – возможность возникновения на каком-либо этапе жизнедеятельности системы такого явления или события, следствием которого могут быть нежелательные воздействия на информацию.

Виды угроз. Основные нарушения:

- физической целостности (уничтожение, разрушение элементов);

- логической целостности (разрушение логических связей);
- содержания (изменение блоков информации, внешнее навязывание ложной информации);
- конфиденциальности (разрушение защиты, уменьшение степени защищенности информации);
- прав собственности на информацию (несанкционированное копирование, использование).

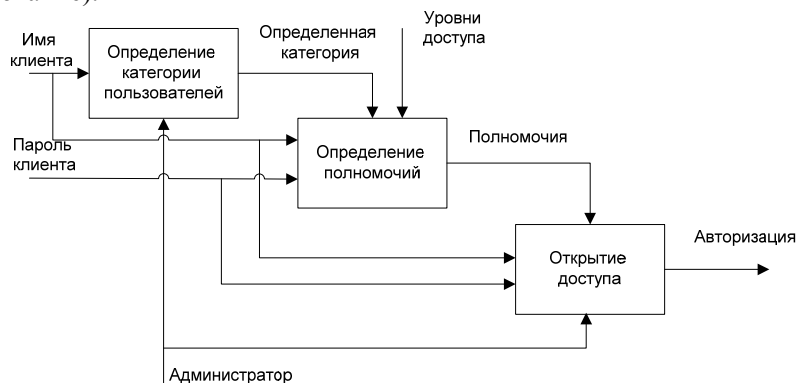


Рис. 4. Декомпозиция первого блока «Определение уровня доступа в систему»

Под источником угрозы понимается непосредственный исполнитель угрозы в плане ее негативного воздействия на информацию:

- люди (сотрудники, внешние злоумышленники);
- технические средства;
- вредоносное ПО;
- сбои программного обеспечения.

Факторы, влияющие на характер происхождения угроз:

1. Умышленные факторы:

- хищение носителей информации;
- подключение к каналам связи;
- перехват электромагнитных излучений;
- несанкционированный доступ;
- разглашение информации;
- копирование данных.

2. Естественные факторы:

- несчастные случаи (пожары, аварии, взрывы);
- стихийные бедствия (ураганы, наводнения, землетрясения);
- ошибки в процессе обработки информации (ошибки пользователя, оператора, сбои аппаратуры).

Существуют следующие предпосылки появления угроз:

- объективные (причины, не связанные непосредственно с деятельностью людей и вызывающие случайные по характеру происхождения угрозы);
- субъективные (причины, непосредственно связанные с деятельностью человека и вызывающие как преднамеренные).

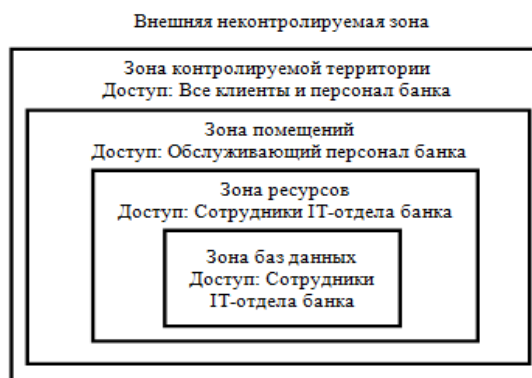
Классы каналов утечки информации:

- получение непосредственного доступа к информации;
- получение информации со средств обработки информации;

– получение информации с сервера, но вне объекта.

Имеющие доступ зоны, в которых потенциально возможны злоумышленные действия, представлены на рис. 5.

Рис. 5. Зоны, имеющие некоторый доступ



Литература

1. Банковская система Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.globfin.ru/articles/banks/russia.htm> (дата обращения: 10.04.2014).
2. Моделирование в области информационной безопасности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://progrm.ru/?cat=81> (дата обращения: 15.04.2014).
3. ГОСТ Р 50922 Защита информации. Основные термины и определения. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. 6 с.
4. Мещеряков Р.В. Основы информационной безопасности: метод. указания по курсу «Основы информационной безопасности». Томск: Изд-во ТУСУРа, 2001. 75 с.
5. Щербаков А.Ю. Современная компьютерная безопасность. Практические аспекты. М.: Книжный мир, 2009. 352 с.

УДК 004.91

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ ДОКУМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ПОДПИСИ

П.С. Ложников, А.Е. Сомутуга

Предлагается способ, позволяющий расширить функциональные возможности существующих систем электронного документооборота за счет обеспечения создания неограниченного числа бумажных копий электронного документа. При этом каждая бумажная копия может использоваться людьми в обычном документообороте на обычных бумажных носителях с достоверной информацией. Предлагаемая технология осуществляет надежную связь электронного документооборота с обычным бумажным документооборотом без дополнительных затрат на услуги нотариусов, заверяющих копии бумажных документов.

Ключевые слова: гибридный документооборот, электронно-цифровая подпись, биометрическая подпись.

Задача построения и расчетов зон покрытий базовых станций. Проблема перевода электронных документов в параллельно существующие бумажные документы является актуальной для ряда корпоративных технологических приложений. Электронные документы можно видеть и проверить только, если доступна соответствующая инфраструктура открытых ключей (PKI). Поэтому многие юридически значимые документы, предпочтительно хранить в бумажном виде.

К сожалению, этот способ также не надежен, так как злоумышленник способен отсканировать документ на бумажном носителе в цвете, внести в него дезин-

формацию и вновь распечатать. В связи с актуальностью этой угрозы используют способ, усиливающий стойкость бумажного носителя к копированию. Широко известны способы защиты от подделок важных документов с нанесением голограмм [1]. Недостатком последних является то, что ими нельзя осуществлять защиту копий электронных документов при массовом их использовании. Применение большого числа голограмм затрудняет их учет, кроме того, снятие подлинной голограммы с достоверного документа и ее переклейка на фальшивый документ позволяют злоумышленнику обойти защиту. Чем больше будет использоваться защищенных голограммой бумажных документов, тем сложнее осуществить эффективную политику учета находящихся в обороте голограмм.

Наиболее эффективным способом защиты целостности и авторизации электронных документов является криптография. Известны традиционные технологии асимметричной криптографии, позволяющие защитить электронной цифровой подписью содержание электронного документа [2]. Но их основным недостатком является то, что они работоспособны только в доверенной вычислительной среде с доверенным средством отображения информации. Если доверенная вычислительная среда недоступна, то убедиться в достоверности электронного документа нельзя.

Для решения обозначенной проблемы предлагается способ, позволяющий расширить функциональные возможности существующих систем электронного документооборота за счет обеспечения создания неограниченного числа бумажных копий электронного документа. При этом каждая бумажная копия может использоваться людьми в обычном документообороте на обычных бумажных носителях с достоверной информацией. Предлагаемый способ осуществляет надежную связь электронного документооборота с обычным бумажным документооборотом без дополнительных затрат на услуги нотариусов, заверяющих копии бумажных документов.

Последовательно выполняются следующие действия:

1. Создается пара из открытого и личного ключа автора.
2. Регистрируется открытый ключ автора в удостоверяющем центре.
3. Формируется первая электронная цифровая подпись под информацией электронного документа с помощью личного ключа автора.
4. Автор электронного документа формирует свой автограф, воспроизводя его на экране компьютера и охватывая его ограничивающей рамкой.
5. Автограф в ограничивающей рамке преобразуют в бинарный файл, при создании которого используются биометрические данные подписи автора, считанные при воспроизведении автографа автором документа, который объединяют с подписанным электронным документом, при этом также вносятся в документ данные о размере рамки графического бинарного файла с автографом.
6. Созданная комбинация данных подписывается второй электронной цифровой подписью.

На рис. 1 представлен вариант реализации гибридного документа, т.е. он может быть электронным и распечатан на бумажном носителе, где 1 – полное информационное поле всего достоверного документа; 2 – поле для размещения кода открытого ключа автора документа в виде штрихкода или в виде любой иной кодировки; 3 – поле, где размещается информация об удостоверяющем центре, где зарегистрирован открытый ключ подписавшего документ и откуда можно скачать сертификат открытого ключа; 4 – поле достоверного содержания документа в виде текста; 5 – поле, где размещается первая электронная цифровая

подпись, охватывающая текстовый файл документа в поле – 4; 6 – поле, где размещен текст о размере графического файла с автографом автора электронного документа; 7 – поле, где размещен образ автографа автора электронного документа; 8 – вторая электронная цифровая подпись под документом, одновременно охватывающая весь текстовый документ и графический файл с автографом автора электронного документа.

The diagram illustrates the format of a hybrid document, consisting of several interconnected fields:

- Field 2:** A box containing a long alphanumeric string: `Qe45jhydr4ynzNgsyU8765(0)(jj#@_+gnJkmx`.
- Field 3:** A box containing registration information: "Открытый ключ Иванова И.И.", "зарегистрирован в 20.11.2013 в УЦ", and a URL: `http://www.dovozie_oms_k_12345.ru`.
- Field 4:** A large rectangular area containing a document template. It starts with "Я гражданин РФ паспорт №..." followed by a dotted line, then "ДОВЕРЯЮ" followed by another dotted line. Below this are several more dotted lines for additional text.
- Field 5:** A box containing a long alphanumeric string: `4jlkzyTjmkie703-Jcud;osjffujjsyy`.
- Field 6:** A box containing the text "300 x 400 мм".
- Field 7:** A box containing a handwritten signature, labeled "Signature".
- Field 8:** A box containing a long alphanumeric string: `&8*9HnynyynFB Cthkok#5PKMygtrbnhyj`.

Arrows indicate relationships between these fields. Arrows from fields 2, 3, 5, 6, and 7 point towards field 4, suggesting they are associated with the document content. An arrow from field 8 points to the entire assembly of fields, indicating it is a signature covering the whole document.

Рис. 1. Формат гибридного документа

Следует отметить, что при реализации предложенного способа формирования гибридных документов взаимное размещение информационных полей документа может быть любым. Где и какие размещены поля документа, задается программным обеспечением, реализующим предложенный способ [3]. Критичным является наличие в документе соответствующей информации и рамок, ограничивающих поля с информацией. Рамки необходимы для того, чтобы информация из разных полей не перепутывалась при ее извлечении из электронного документа или из отсканированного электронного образа достоверного документа на бумажном носителе.

Необходимость в двух электронных цифровых подписях в документе (поле – 5 и поле – 8) обусловлена различной природой защищаемой ими информации. Первая электронная подпись (поле – 5) охватывает текст документа в виде обычных букв на языке документа. При сканировании этого документа возможны ошибки сканирования и неверного распознавания нескольких букв в документе или знаков (точка, запятая, двоеточие). Если произошла ошибка при сканировании, то первая электронная цифровая подпись не совпадет с данными поля – 5, т.е. содержание отсканированного бумажного документа оказывается искажено.

Таким образом, данный способ позволяет надеяться пользователю гибридного документа на то, что подписавший документ автор одновременно обладал и личным ключом, и умением воспроизводить автограф. Гарантией того, что автограф не подменен (не подставлен графический файл из другого документа), является поставленная под автографом вторая электронная цифровая подпись, одно-

временно охватывающая и содержание самого документа, и первую электронную цифровую подпись под ним, и графический бинарный файл автографа, включенный в электронный документ.

Важным преимуществом способа также является то, что на бумажную копию наносится информация, достаточная для проверки бумажного документа визуально (глядя на графический файл) и криптографически путем проверки двух электронных цифровых подписей, внесенных в бумажный документ. Первый эффект возможности визуальной проверки очевиден, проверяющий смотрит на графику автографа в документе и, если он знаком с подписью, то признает документ как достоверный.

Для криптографической проверки достоверности бумажного документа сам документ необходимо отсканировать и распознать в нем открытый ключ и адрес удостоверяющего центра. Также необходимо распознать текст документа и восстановить графический файл подписи в документе по указанным в нем размерам. Также следует распознать символы кода первой электронной цифровой подписи. Далее следует использовать открытый ключ электронной цифровой подписи документа для проверки первой цифровой подписи под информационной частью документа. Если содержание документа не изменено, то по открытому ключу проверяющий получает ту же последовательность, что и в первой цифровой подписи.

Для восстановления электронного документа с бумажной копии необходимо отсканировать документ, распознать в нем расположение полей документа, распознать данные, находящиеся в этих полях, и внести их в соответствующие поля восстанавливаемого электронного документа. Получение бинарных версий первой и второй ЭЦП также происходит при сканировании документа и распознавании символов данных подписей.

Преимущество способа также состоит в том, что он может применяться для коллективного подписания документов. Документ формируют несколько человек, и его пользователи убеждаются в достоверности документа, проверяя только автографы тех людей, которые хорошо знают. Вся информация, необходимая для проверки, в созданных документах уже имеется.

Предложенный способ формирования гибридных документов обладает новыми полезными качествами, при его реализации удастся осуществить надежную связь достоверных электронных документов и двумя электронными цифровыми подписями с достоверными копиями этих документов на бумажных носителях. Копии электронных документов на бумажных носителях не утрачивают основного свойства электронных документов – высокой достоверности, оперативно проверяемой криптографическими процедурами. По предложенному способу преодолевается разрыв между высокой достоверностью электронных документов и относительно низкой достоверностью обычных копий документов на бумажном носителе.

Литература

1. Пат. 2 461 882 РФ, МПК G 07 D 7/00. Способ защиты документов / А.Н. Адамчук (Молд.) и др. № 2 009 132 043 / 08; заявл. 26.08.2009; опубл. 20.09.2012. Бюл. № 26. 8 с.
2. Пат. 2 409 903 РФ, МПК H 04 L9 / 14. Способ формирования и проверки подлинности электронной цифровой подписи, заверяющей электронный документ / Н.А. Молдовян (РФ). № 2 007 129 254 / 08; заявл. 30.07.2007; опубл. 10.02.2009. Бюл. № 2. 13 с.

3. Ложников П.С., Самотуга А.Е. Технология проверки целостности и аутентичности документов в гибридном документообороте // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 3. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. С. 402–408.

УДК 621.396.41

ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ПРИЗНАКОВ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПО ДИНАМИКЕ ПРОСТАНОВКИ ПОДПИСИ

*А.В. Мальцев, П.В. Жигулин, Д.Э. Подворчан,
М.А. Мельников, Е.Ю. Костюченко*

Проведена оценка информативности параметров динамической подписи для задачи идентификации пользователей с помощью метода накопленных частот. Приведены модификации этого метода для случая более чем двух классов. Экспериментально показано отсутствие принципиальных различий результатов работы этих методов для приведенной задачи. Выявлен наиболее информативный параметр подписи (давление).

Ключевые слова: идентификация пользователей, биометрия, подпись, информативность параметров.

Задача идентификации пользователя на основе динамики проставления подписи. В современном мире наиболее актуальны вопросы информационной безопасности в компьютерных системах. При компрометации пароля пользователя вся информация, хранящаяся в системе, оказывается незащищенной. На данный момент существует множество программно-аппаратных решений для повышения качества аутентификации пользователей и повышения надежности парольной защиты. В качестве дополнительного элемента защиты вводится отдельный физический носитель (например, смарт-карты eToken, ruToken, JaCarta, CryptoCard и др.). Недостатком такой защиты является то, что при похищении этого носителя система неспособна отличить злоумышленника от настоящего пользователя. В качестве одного из этапов многофакторной аутентификации может выступать динамика проставления подписи на графическом планшете. Существующие решения в данной области преимущественно используют традиционные методы математической статистики, либо алгоритмы их работы являются закрытыми. Использование нейронных сетей могло бы повысить качество работы таких систем.

Снятие подписи и выделение её информативных параметров. Для работы программы необходим планшет фирмы Wacom. Программа отслеживает нажатие пера на графическом планшете и непосредственно снимает следующие параметры проставляемой подписи: X – масштабированное положение курсора по X ; Y – масштабированное положение курсора по Y ; Z – масштабированное положение курсора по Z ; p – давление пера; $Altitude (\alpha)$ – угол в плоскости $x-y$; $Azimuth (\beta)$ – угол поворота по часовой стрелке в плоскости Z . После обработки, появляются дополнительные параметры: V (parameter) – скорость изменения каждого из параметров; A (parameter) – ускорение для каждого из параметров. В результате проведенной работы было собрано более тысячи однотипных подписей для пяти пользователей. На каждого пользователя в базе приходится от 180 до 250 подписей [1].

Далее имеющиеся данные обрабатываются и представляются в виде спектральных составляющих, полученных с помощью преобразования Фурье [2, 3]. Работа со спектральным представлением параметров является стандартной практикой при работе со сложно изменяющимися во времени параметрами. Количество гармоник ограничено 7 для каждого из параметров каждого параметра.

Алгоритм оценки информативности методом накопленных частот [4]. Одним из подходов повышения качества распознавания образов и снижения вычислительных затрат является проведение анализа обучающей информации. Целью такого анализа является оценка основных информативных характеристик обучающей выборки, в частности оценка информативности признаков, оценка значений признаков, выделение наиболее представительных объектов. С метрической точки зрения различают следующие типы признаков. Количественные (числовые) признаки – это признаки, замеренные в определенной шкале и в шкалах интервалов и отношений. Качественные (ранговые, порядковые, балльные) – используются для выражения терминов и понятий, не имеющих цифровых значений (например, тяжесть состояния), и замеряются в шкале порядка. Сущность метода накопленных частот состоит в том, что если имеются 2 выборки признака X , принадлежащие 2 различным классам (пользователям), то по обеим выборкам строят эмпирические распределения признака X и подсчитывают накопленные частоты (сумму частот от начального до текущего интервала распределения). Оценкой информативности признака служит модуль максимальной разности накопленных частот.

Исследование информативности признаков. Так как метод накопленных частот дает оценку информативности лишь для двух классов распознавания, а в разрабатываемой системе классов больше 2 (число классов равно числу пользователей), то был проведен расчет информативности для каждой пары пользователей, и результат для каждого признака сведен в симметричную матрицу с нулевой диагональю. Итоговая нормированная оценка информативности каждого признака:

$$I(x) = \frac{\sum_{i,j} I_{i,j}}{N(N-1)}, \quad (1)$$

где I_{ij} – информативность признака для двух классов; N – число классов (пользователей).

Другим способом получения оценки информативности в данной ситуации может быть оценка информативности для идентификации каждого из пользователей по отдельности. В этом случае в качестве второго класса выступают остальные пользователи, а интегральная оценка информативности может быть найдена по формуле (2):

$$I(x) = \frac{\sum_{i,\bar{i}} I_{i,\bar{i}}}{N}, \quad (2)$$

где $I_{i,\bar{i}}$ – информативность признака для i -го класса; N – число классов (пользователей).

По данному алгоритму производится вычисление информативности 7 гармоник для каждого из 6 параметров, а также скоростей и ускорений изменения этих параметров. Результаты представлены в табл. 1 и 2. В строках – указанные параметры, скорости и ускорения их изменения, в столбцах – номера гармоник.

Таблица 1

**Расчет информативности значений параметров методом накопленных частот
(попарное усреднение)**

		1	2	3	4	5	6	7
	X	0,446	0,394	0,407	0,421	0,378	0,341	0,299
	Y	0,374	0,342	0,385	0,388	0,415	0,459	0,381
	Z	0,455	0,309	0,382	0,400	0,357	0,366	0,334
	P	0,545	0,471	0,455	0,342	0,380	0,306	0,346
	α	0,362	0,339	0,364	0,453	0,310	0,233	0,224
	β	0,344	0,241	0,311	0,277	0,315	0,343	0,420
ν	X	0,371	0,474	0,423	0,474	0,396	0,445	0,378
	Y	0,415	0,436	0,365	0,382	0,400	0,397	0,309
	Z	0,298	0,286	0,254	0,367	0,381	0,365	0,350
	P	0,377	0,361	0,387	0,346	0,352	0,312	0,287
	α	0,294	0,231	0,276	0,345	0,306	0,236	0,292
	β	0,112	0,169	0,240	0,254	0,300	0,280	0,317
a	X	0,020	0,024	0,030	0,041	0,068	0,082	0,101
	Y	0,022	0,025	0,049	0,089	0,265	0,337	0,289
	Z	0,002	0,021	0,027	0,047	0,157	0,328	0,312
	P	0,222	0,247	0,240	0,238	0,210	0,240	0,221
	α	0,062	0,092	0,102	0,120	0,187	0,247	0,295
	β	0,132	0,103	0,140	0,149	0,106	0,131	0,196

Таблица 2

**Расчет информативности значений параметров методом накопленных частот
(усреднение для пользователей по отдельности)**

		1	2	3	4	5	6	7
	X	0,356	0,312	0,320	0,323	0,293	0,253	0,246
	Y	0,293	0,265	0,282	0,288	0,315	0,348	0,295
	Z	0,367	0,225	0,293	0,308	0,288	0,279	0,255
	P	0,422	0,351	0,360	0,247	0,272	0,233	0,263
	α	0,260	0,249	0,281	0,340	0,236	0,176	0,161
	β	0,255	0,213	0,299	0,250	0,280	0,304	0,348
ν	X	0,288	0,368	0,321	0,360	0,291	0,346	0,296
	Y	0,299	0,318	0,286	0,291	0,296	0,312	0,224
	Z	0,236	0,235	0,187	0,274	0,282	0,267	0,254
	P	0,291	0,292	0,307	0,270	0,301	0,249	0,210
	α	0,224	0,200	0,217	0,250	0,225	0,176	0,210
	β	0,151	0,192	0,276	0,308	0,281	0,292	0,297
a	X	0,012	0,014	0,019	0,027	0,055	0,080	0,078
	Y	0,015	0,019	0,047	0,092	0,264	0,326	0,250
	Z	0,002	0,013	0,022	0,050	0,144	0,255	0,235
	P	0,156	0,169	0,159	0,152	0,151	0,185	0,163
	α	0,039	0,060	0,065	0,099	0,171	0,185	0,213
	β	0,164	0,126	0,174	0,166	0,131	0,162	0,214

Исходя из этих таблиц, можно заключить, что выбор модификации метода оценки информативности не оказывает принципиального влияния на выбор наиболее информативных параметров. Также можно отметить, что информативность ускорений в общем существенно меньше информативности остальных параметров.

ров. В качестве наиболее информативного параметра можно выделить давление пера, далее можно выделить координаты X и Z , однако различие в оценках информативности не выглядит значимым. Следующим шагом будет получение оценок точности идентификации для подхода на основе наивного классификатора Байеса и нейронной сети, сравнение результатов и попытка синтезировать метод, включающий в себя положительные стороны этих двух подходов.

Работа поддержана Министерством образования и науки, проект № 1220 «Фундаментальные основы проектирования информационно-безопасных систем».

Литература

1. Костюченко Е.Ю. Система идентификации на основе динамики рукописной подписи / Т.Ю. Дорошенко, Е.Ю. Костюченко // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2014. № 2(32). С. 219–223.
2. Ложников П.С. Разработка метода идентификации личности по динамике написания слов: автореф. дис. канд. техн. наук. Омск, 2004. 22 с.
3. Еременко А.В. Повышение надежности аутентификации пользователей компьютерных систем по динамике написания пароля: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2011. 20 с.
4. Голованова И.С. Выбор информативных признаков. Оценка информативности: метод. указания к лаб. работе. Томск, 2003.

УДК 004.056.5

МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

А.В. Моргуненко

Проанализированы нормативно-методические документы, относящиеся к созданию модели нарушителя безопасности в информационных системах. Выявлены недостатки существующих подходов и сложности, с которыми сталкиваются создатели частных моделей нарушителя. Подготовлена база для создания собственной модели нарушителя.

Ключевые слова: модель нарушителя, информационная безопасность, моделирование, нарушитель, информационная система.

В настоящее время автоматизированные системы (АС) повсеместно используются для хранения, обработки и передачи информации. В связи с этим вопрос о защите информации, циркулирующей в АС, крайне актуален.

С целью предотвращения нарушения конфиденциальности и целостности информации, обрабатываемой в АС, строится система защиты информации (СЗИ). Для построения или выбора СЗИ, эффективной именно для данной системы, необходимо рассмотрение модели угроз и модели нарушителя.

Нарушитель – это лицо, предпринявшее попытку выполнения запрещённых операций (действий) по ошибке, незнанию или осознанно со злым умыслом (из корыстных интересов) или без такового (ради игры или удовольствия, с целью самоутверждения и т.п.) и использующее для этого различные возможности, методы и средства [1]. Злоумышленником будем называть нарушителя, намеренно идущего на нарушение из корыстных побуждений.

Под моделью нарушителя понимаются предположения о возможностях нарушителя, которые он может использовать для разработки и проведения атак, а также об ограничениях на эти возможности.

Модель нарушителя носит неформальный характер. Различные методы классификации нарушителей описываются как в научно-технической литературе, так и в нормативно-методических документах.

Перед началом работы над собственной методикой составления модели нарушителя были сформированы задачи научно-исследовательской работы:

- 1) изучить существующие подходы к построению модели нарушителя;
- 2) определить необходимость модели нарушителя;
- 3) выявить недостатки существующих подходов;
- 4) разработать модель нарушителя и методику составления перечня наиболее вероятных нарушителей, учитывающую обнаруженные недостатки.

В ходе работы над моделью и поиска необходимой для этого информации выявлено, что часто специалисты по информационной безопасности (а тем более неспециалисты) испытывают сложности при разработке модели нарушителя по имеющимся методикам.

Модель в большинстве случаев кажется ненужной и создаётся во избежание конфликтов с контролирующими органами.

По этой причине было решено разработать максимально простую, понятную и при этом достаточно полную модель нарушителя.

Для изучения были выбраны такие уже существующие модели нарушителей, как модель нарушителя по требованиям ФСТЭК [3], модель нарушителя по требованиям руководящего документа Гостехкомиссии [4], модель угроз и нарушителя Минсвязи [5] и иные неформальные модели нарушителя [2, 6, 7].

В результате анализа существующих моделей были выделены некоторые недостатки и сложности, на которые следует обратить внимание при составлении собственной модели нарушителя:

- нарушитель рассматривается как злоумышленник, почти нет упоминаний случайных ошибок, действий стихийного характера и природных явлений;
- модели представлены в виде многостраничных описаний нарушителя, формулировки многословны и сложны для восприятия;
- отсутствует возможность привязки к архитектуре системы, в результате чего создаются типовые модели, не отражающие реальности и по этой причине создающие уязвимости;
- использование численных и лингвистических шкал оценок, что недопустимо для корректной оценки возможностей нарушителя;
- часто отсутствует понимание того, для кого составляется модель нарушителя;
- отсутствует понимание структуры модели нарушителя;
- отсутствует понимание того, каким должно быть содержание модели нарушителя;
- частое встречается незнание того, какие нормативные документы необходимы для составления модели нарушителя;
- даже после изучения структуры АС нередко отсутствуют необходимые для проектирования выводы.

Выявленные недостатки требуют решения. На первом этапе разработки модели планируется:

- создание модели нарушителя, содержащей в классификации нарушителей таких нарушителей, как случайные ошибки, действия стихийного характера и природы;

- упрощение восприятия модели путём визуализации данных в виде таблиц и списков;
- структурирование модели нарушителя, выделение ключевых моментов;
- способы адаптации частной модели нарушителя под конкретный объект информационной защиты.

В результате проведённых исследований подготовлена база для создания собственной методики составления модели нарушителя, сочетающей в себе простоту, удобство использования и полноту, необходимую для создания частной модели нарушителя для любой АС.

Литература

1. Методические рекомендации по обеспечению с помощью криптосредств безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных с использованием средств автоматизации: методика, утв. руководством 8 Центра ФСБ РФ 21.02.2008 // Собрание законодательства. 2008. № 149. С. 54–144.
2. Стефаров А.П. Формирование типовой модели нарушителя правил разграничения доступа в автоматизированных системах / А.П. Стефаров, В.Г. Жуков // Известия ЮФУ. 2012. № 12. Декабрь. С. 45–54.
3. Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (выписка): методика, утв. ФСТЭК РФ 15.02.2008 // Собрание законодательства. 2008. 156 с.
4. Концепция защиты средств вычислительной техники и автоматизированных систем от несанкционированного доступа к информации: руководящий документ, утв. РД Гостехкомиссии 30.03.1992.
5. Модель угроз и нарушителя безопасности персональных данных, обрабатываемых в типовых информационных системах персональных данных отрасли: методика, одобрено секцией №1 Научно-технического совета Минкомсвязи России «Научно-техническое и стратегическое развитие отрасли» от 21.04.2010.
6. Зангиев Т.Т. Оптимизация решений по защите ситуационного центра от внутреннего нарушителя / Т.Т. Зангиев, Е.В. Левчук // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 83(09). С. 33–43.
7. Миронова В.Г. Модель нарушителя безопасности конфиденциальной информации / В.Г. Миронова, А.А. Шелупанов // Информационная безопасность систем. 2012. №1(31). С. 57–60.

УДК 004.622

ОБЗОР МЕТОДИК ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Д.Р. Нурдавлетова

Рассмотрены методики оценки защищенности, применяемые на территории Российской Федерации, в рамках исследования предметной области для получения новой методики оценки защищенности.

Ключевые слова: оценка защищенности, риски, стандарты оценки защищенности.

Несмотря на то, что на данный момент информационное общество в Российской Федерации находится на стадии развития, информация уже сейчас выступает в роли ценного ресурса. Естественно, для обработки, хранения и передачи ин-

формации создаются различные информационные системы (ИС), поэтому вопрос обеспечения информационной безопасности данных систем является актуальным.

В первую очередь необходимо правильно определить начальный уровень защищенности ИС для построения оптимальной системы защиты, а также выявить достаточность принимаемых мер защиты на протяжении всего жизненного цикла информационной системы. Оценка исходного уровня защищенности информационных систем осуществляется с помощью различных стандартов.

В данной исследовательской работе рассмотрены следующие стандарты оценки защищенности:

- Руководящий документ «Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации» (утвержден 30 марта 1992 г.);

- ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408–2008 «ИТ. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности ИТ»;

- Рекомендации в области стандартизации Банка России РС БР ИБСС-2.2–2009 «Обеспечение ИБ организации банковской системы РФ. Методика оценки рисков нарушения ИБ» (дата введения 1 января 2010).

Руководящий документ «Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации» (Утвержден 30 марта 1992 г.). Данный руководящий документ устанавливает классификацию автоматизированных систем (АС), подлежащих защите от несанкционированного доступа (НСД), а также содержит требования по защите информации к каждому из классов.

Классификация АС состоит из следующих этапов:

- разработка и анализ исходных данных;
- выявление основных признаков АС, необходимых для классификации;
- сравнение выявленных признаков АС с классифицируемыми;
- присвоение АС соответствующего класса защиты информации от НСД [1].

Необходимыми исходными данными для проведения классификации для конкретной АС являются:

- перечень защищаемых информационных ресурсов АС и их уровень конфиденциальности;
- перечень лиц, имеющих доступ к штатным средствам АС, с указанием их уровня полномочий;
- матрица доступа или полномочий субъектов доступа по отношению к защищаемым информационным ресурсам АС;
- режим обработки данных в АС – коллективный или индивидуальный [1].

Уровень конфиденциальности защищаемой информации в АС может быть определен на основании Федерального закона Российской Федерации от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», в котором говорится о том, что информация, в зависимости от категории доступа к ней, подразделяется на общедоступную информацию, а также на информацию, доступ к которой ограничен федеральными законами (информация ограниченного доступа) [2] и на основании Указа Президента РФ от 6 марта 1997 г. № 188 «Об утверждении перечня сведений конфиденциального характера». Таким образом, информация ограниченного доступа подразделяется на конфиденциальную и секретную.

К числу определяющих признаков, по которым производится группировка АС в различные классы, относятся:

- наличие в АС информации различного уровня конфиденциальности;
- уровень полномочий субъектов доступа АС на доступ к конфиденциальной информации;
- режим обработки данных в АС – коллективный или индивидуальный [1].

Каждый класс характеризуется определенной минимальной совокупностью требований по защите.

Классы подразделяются на три группы, отличающиеся особенностями обработки информации в АС.

Третья группа включает АС, в которых работает один пользователь, допущенный ко всей информации АС, размещенной на носителях одного уровня конфиденциальности. Группа содержит два класса – 3Б и 3А.

Вторая группа включает АС, в которых пользователи имеют одинаковые права доступа (полномочия) ко всей информации АС, обрабатываемой и (или) хранимой на носителях различного уровня конфиденциальности. Группа содержит два класса – 2Б и 2А.

Первая группа включает многопользовательские АС, в которых одновременно обрабатывается и (или) хранится информация разных уровней конфиденциальности. Не все пользователи имеют право доступа ко всей информации в АС. Группа содержит пять классов – 1Д, 1Г, 1В, 1Б и 1А.

Также для каждого класса данным руководящим документом определяются требования к комплексу средств и мероприятий в рамках системы защиты автоматизированной системы от несанкционированного доступа, а именно, система защиты условно подразделяется на 4 подсистемы:

- управления доступом;
- регистрации и учета;
- криптографической;
- обеспечения целостности [1].

Несомненно, то, что данный документ достаточно подробно устанавливает требования к защите информации в АС от НСД, является достоинством данного документа, но недостатками данного руководящего документа является то, что классификацию возможно провести только для автоматизированных систем, построенных на базе одного автоматизированного рабочего места, тогда все чаще применяются автоматизированные системы, имеющие распределенную инфраструктуру.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408–2008 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий». Данный стандарт предназначен для использования в качестве основы при оценке характеристик безопасности продуктов или систем ИТ (информационных технологий). ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408–2008 устанавливает перечень критериев оценки безопасности.

Оценка производится с использованием характеристики самого объекта оценки, его задания по безопасности и критериев, по которым непосредственно будет производиться оценка.

Для оценки объекта используется профиль защиты.

Профиль защиты (англ. protection profile) – независимая от реализации совокупность требований безопасности для некоторой категории объектов оценки, отвечающая специфическим запросам потребителя.

Профиль защиты включает в себя взаимосвязанную информацию, имеющую отношение к безопасности информационной технологии, а также:

- формулировку потребности в безопасности, соответствующую проблеме безопасности и выраженную в терминах, ориентированных на пользователей изделий ИТ;

- описание среды объекта оценки (ОО), уточняющее формулировку потребности в безопасности с учетом порождаемых средой угроз, которым нужно противостоять, политики безопасности, которая должна выполняться, и сделанных предположений;

- цели безопасности объекта оценки, основанные на описании среды безопасности и предоставляющие информацию относительно того, как и в какой мере должны быть удовлетворены потребности в безопасности. Предназначение целей безопасности заключается в том, чтобы снизить риск и обеспечить поддержание политики безопасности организации, в интересах которой ведется разработка профиля защиты;

- функциональные требования безопасности и требования доверия к безопасности, которые направлены на решение проблемы безопасности в соответствии с описанием среды безопасности ОО и целями безопасности для ОО и ИТ-среды. Функциональные требования безопасности выражают то, что должно выполняться ОО и ИТ-средой для удовлетворения целей безопасности. Требования доверия к безопасности определяют степень уверенности в правильности реализации функций безопасности ОО;

- обоснование, показывающее, что функциональные требования и требования доверия к безопасности являются надлежащими для удовлетворения сформулированной потребности в безопасности. Посредством целей безопасности должно быть показано, что необходимо сделать в плане решения проблем безопасности, имеющих в описании среды безопасности ОО. Функциональные требования безопасности и требования доверия к безопасности должны удовлетворять целям безопасности [3].

Задание по безопасности во многом похоже на профиль защиты, но содержит дополнительную информацию, ориентированную на конкретную реализацию изделия информационной технологии и разъясняющую, каким образом требования профиля защиты реализуются в конкретном продукте или системе. Иначе говоря, задание по безопасности «привязано» к реализации объекта оценки.

Профиль защиты может использоваться для определения типового набора требований безопасности, которым должны удовлетворять один или более продуктов или которым должны удовлетворять системы ИТ, предназначенные для использования в определенных целях, а также профиль защиты может применяться к определенному виду или к совокупности продуктов, образующих систему.

Разработчики изделий ИТ в соответствии с потребностями безопасности, сформулированными в ПЗ, могут разработать задание по безопасности, которое в свою очередь будет демонстрировать то, как изделие ИТ удовлетворяет потребностям безопасности.

Несмотря на то, что структура профиля защиты строго изложена в данном документе и она предполагает подробное изложение угроз и требований безопасности, результатом оценки является ответ на вопрос о соответствии объекта оценки данному профилю защиты. Соответственно недостатком является то, что невозможно получить ответ на вопрос «является ли система защищенной?», пока

не будет выявлено, подходит ли данный ПЗ по определенным требованиям защищенности.

Рекомендации в области стандартизации Банка России РС БР ИБСС-2.2–2009 «Обеспечение ИБ организации банковской системы РФ. Методика оценки рисков нарушения ИБ» (дата введения 1 января 2010). Данный стандарт разработан с целью создания и поддержания на должном уровне системы защиты организаций банковской системы Российской Федерации (РФ). Также данный документ описывает методику проведения оценки рисков нарушения информационной безопасности.

Для оценки рисков нарушения информационной безопасности предварительно определяются и документально оформляются:

- полный перечень типов информационных активов, входящих в область оценки;
- полный перечень типов объектов среды, соответствующих каждому из типов информационных активов области оценки;
- модель угроз ИБ, описывающая угрозы ИБ для всех выделенных в организации БС РФ типов объектов среды на всех уровнях иерархии информационной инфраструктуры организации БС РФ [4].

В рамках проведения процедуры оценки рисков, в соответствии с данной методикой, изначально необходимо определить перечни информационных активов, подлежащих оценке, и типов объектов среды, соответствующих каждому из типов информационных активов. Для каждого из типов объектов среды определяются источники угроз, вероятности реализации каждой из угроз и ущерб от их реализации. Затем осуществляется оценка рисков информационной безопасности.

Несмотря на то, что в данном документе подробно описана методика оценки рисков, данная методика ориентирована на организации банковского сектора, а следовательно применение данной методики для иных организаций является затрудненным, так как модель угроз, модель нарушителя и способ расчета ущерба при реализации угроз составлены с учетом особенностей организации банковской сферы.

Литература

1. Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации: Руководящий документ; утверждено решением председателя Государственной технической комиссии при Президенте Российской Федерации, 1992 г.
2. Федеральный закон № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» // Российская газета. М.: 2006.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1–2008 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Ч. 1. Введение и общая модель». Введ. с 01.10.2009. М.: Стандартинформ, 2009.
4. РС БР ИБСС-2.2–2009 Обеспечение информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации. Методика оценки рисков нарушения информационной безопасности: Рекомендации в области стандартизации Банка России. Введ. с 01-01-2010. М., 2009.

ПОДХОДЫ К ОБНАРУЖЕНИЮ И БЛОКИРОВАНИЮ ТРАФИКА АНОНИМНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕТИ TOR

М.В. Щерба, Е.В. Щерба

Рассмотрены подходы к обнаружению и блокированию Тор-трафика, указаны его типовые сигнатуры, предложены характеристики трафика для формирования специализированной композитной метрики. В заключительной части обозначены современные проблемы обнаружения трафика анонимных распределенных сетей и указаны перспективные направления исследований.

Ключевые слова: информационная безопасность, анализ сетевого трафика, сеть Тор.

Механизмы анонимизации в сети Интернет позволяют преступникам использовать возможности этой сети для многих видов преступной деятельности. Злоумышленники используют Тор, I2P и другие оверлейные сети для анонимного взаимодействия и различных противоправных действий в сфере компьютерной информации [1]. Функционирование Тор обеспечивается сетью прокси-серверов в Интернете, осуществляющих передачу данных в зашифрованном виде. Доступ в сеть предоставляется с помощью свободно распространяемого программного обеспечения. Первоначальная спецификация протокола разработана в научно-исследовательской лаборатории ВМС США в 2004 г. [2]. Многоуровневое шифрование, применение луковичной маршрутизации и распределенный характер сети делают практически бесполезным перехват трафика. Отсутствие логической связи между отправителем и сообщением гарантирует надёжную анонимность. Это способствовало возникновению в сети Тор площадок для торговли оружием и наркотическими средствами. Кроме того, данные сети используются для организации ботнетов и проведения заказных DDoS-атак на узлы Internet. Дополнительные возможности злоумышленникам предоставляет пиринговая электронная платежная система Bitcoin (децентрализованная виртуальная валюта, криптовалюта). Гарантия анонимности и неподконтрольность национальным органам власти привлекает в систему теневой экономической оборот и позволяет производить расчёты за оказанные услуги криминального характера.

Несмотря на ряд исследований, в настоящее время не существует эффективных технических решений для деанонимизации злоумышленников в анонимных распределенных компьютерных сетях. Для борьбы с киберпреступностью в данных сетях власти прибегают к методам социальной инженерии, внедряя в сети свои площадки, скрытые сервисы и промежуточные маршрутизаторы, переводя тем самым сети под свой контроль. При этом процедуру блокирования также можно считать одним из наиболее эффективных методов противодействия [3]. Можно выделить следующие виды блокирования:

- блокирование веб-сайтов, распространяющих программное обеспечение Тор (если поле «Host» в заголовке HTTP = «torproject.org»);
- блокирование корневых серверов (directory servers), распространяющих базу доступных маршрутизаторов (onion routers);
- блокирование IP-адресов всех доступных маршрутизаторов (onion routers) из базы корневого сервера;
- обнаружение и блокирование трафика сети Тор.

Для обхода указанных механизмов блокирования злоумышленники подключаются через специализированные Тор-мосты – узлы, функционирующие как

входные маршрутизаторы, адрес которых не распространяется с помощью корневых серверов, а передаётся в частном порядке. При этом адреса Тог-мостов распространяются через социальные сети и запросы по электронной почте. Для блокирования Тог-мостов применяется механизм проверки соединения (connection probe). Межсетевой экран «замораживает» все подозрительные соединения и производит пробное подключение по протоколу Тог для проверки зафиксированных IP-адресов.

В июне 2013 г. на 40-м заседании Национального антитеррористического комитета РФ директор ФСБ А. Бортников выступил с инициативой о необходимости блокировки доступа из российского сегмента сети Интернет к серверам Тог и другим анонимным (проху) серверам на законодательном уровне. Вместе с тем, несмотря на наличие ряда разработок в этой области [4, 5], задача обнаружения трафика сети Тог не является полностью решенной. Трафик Тог и других сетей маскируется под легальный зашифрованный TLS-трафик, что максимально усложняет задачу его обнаружения в ходе процедур DPI (deep packet inspection).

Разработчиками Тог был предложен механизм опосредованной передачи трафика через легальные сервисы (pluggable transports). С этой целью поток Тог-трафика трансформируется для передачи между клиентами сети и Тог-мостом в трафик легальных сетевых приложений (например, Skype), что позволяет вводить в заблуждение механизм DPI [6]. Запущенные на Тог-мостах службы производят обратную трансформацию трафика, после чего данные клиентов попадают в сеть Тог. Применяемый метод обфускации определяется используемыми модулями подобных сервисов (Obfsproxy, Flashproxy, ScrambleSuit, StegoTorus, SkypeMorph), что дополнительно усложняет задачу для механизмов обнаружения. Следует заметить, что структура обфусцированного трафика не всегда полностью соответствует цели обфускации, что может быть использовано для его обнаружения [7].

Несмотря на применяемое маскирование и шифрование, трафик Тог и других анонимных распределенных компьютерных сетей подвержен скрытым зависимостям и закономерностям [8]. Представляется возможным использовать методы математического и имитационного моделирования, алгоритмы и методы теории распознавания образов и статистического анализа для решения задачи обнаружения трафика анонимных распределенных компьютерных сетей.

Проблема идентификации интернет-трафика исследуется уже более 20 лет. Традиционный подход к идентификации (port based approach), основанный на номерах портов, закрепленных за известными сетевыми службами, остаётся наиболее простым и быстрым способом идентификации трафика. Вместе с тем снижающаяся эффективность данного подхода обусловила возникновение сигнатурного подхода к анализу трафика (payload based approach). Данный подход основан на синтаксическом анализе потока трафика в целях поиска известных битовых последовательностей (сигнатур), генерируемых различными сетевыми приложениями (pattern matching).

В результате эволюции указанного подхода был предложена эффективная технология идентификации сетевых пакетов по их содержимому, включая данные прикладного уровня (DPI). Вместе с тем DPI имеет ряд ограничений (законодательные противоречия, высокие требования к вычислительным ресурсам для идентификации в режиме реального времени, невозможность анализа зашифрованного трафика). Указанные проблемы не позволяют ограничиться использованием DPI для идентификации Тог-трафика.

Все качественные и количественные характеристики TLS-трафика сети Тог (либо другой анонимной сети) можно условно разделить на две группы. Первая группа включает характеристики (используемые номера портов, срок действия TLS-сертификатов, имя издателя сертификата, выбор криптоалгоритмов, расширения сертификатов и др.), явно указывающие на принадлежность трафика к сети Тог (либо другим анонимным сетям). На основе данной группы характеристик необходимо разработать общую базу сигнатур трафика анонимных распределенных сетей. Однако следует учитывать, что программная реализация Тог имеет открытый код, а разработчики системы имеют возможность оперативной модификации параметров трафика, влияющих на его обнаружение при помощи сигнатур. Таким образом, необходимо предусмотреть возможность автоматизированной актуализации базы сигнатур в целях симметричного ответа и адаптации к реакции разработчиков и злоумышленников.

В ходе следующего этапа исследований должна быть выделена группа качественных и количественных характеристик трафика (временные задержки ответов, используемые алгоритмы шифрования и выработки общего ключа, количество пакетов, служебная информация протокола TLS, его версия), косвенно указывающих на возможность принадлежности трафика к Тог (либо другим анонимным сетям). Данные характеристики, косвенно указывающие на возможность принадлежности трафика к Тог (либо другим сетям), не обеспечивают максимальной точности обнаружения Тог-трафика. Вместе с тем их совокупное применение позволит существенно повысить достоверность и надёжность его обнаружения. Преимущество характеристик второй группы также состоит в том, что они в меньшей степени подвержены влиянию разработчиков и злоумышленников. Например, не существует технической возможности снизить временные задержки, связанные с многоуровневым шифрованием. Для совокупного применения этих характеристик предлагается разработать композитную метрику TLS-трафика (вычисляемую на основе указанных характеристик). Разработка метрики планируется на основе сбора и статистического анализа больших массивов TLS-данных (включая данные сети Тог). Аномальные значения данной метрики с определенной вероятностью (в зависимости от значения) могут свидетельствовать о принадлежности трафика к Тог (либо другим сетям). Исходя из экспериментальных наблюдений, для построения базы сигнатур и композитной метрики TLS-трафика был выделен набор следующих его характеристик:

- Период валидности сертификата TLS (срок действия сертификатов Тог традиционно существенно короче «легальных» сертификатов).
- Значение поля Common Name сертификата TLS (в сертификатах Тог используется случайная строка символов).
- Порядок выбора применяемых криптоалгоритмов (по умолчанию Тог использует набор TLS_DHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA).
- Глубина цепочки сертификатов (для подключений Тог применяются самоподписанные сертификаты).
- Временной период между запросом и ответом в рамках одного TLS-подключения (многоуровневое шифрование, применяемое в Тог, приводит к его существенному увеличению).

Представляется возможным осуществлять генерацию сигнатур Тог-трафика для регулярной автоматизированной актуализации базы сигнатур, исходя из результатов обнаружения аномалий TLS-трафика. Таким образом, комплексное

взаимодействие двух указанных подходов позволит улучшить известные результаты в данной области (снизить вероятность ошибок обнаружения первого и второго рода). Для решения указанной задачи необходимо разработать алгоритм актуализации базы сигнатур трафика анонимных распределенных компьютерных сетей на основе методов машинного обучения.

Для преодоления механизмов обфускации трафика требуется разработка алгоритма обнаружения трафика анонимных распределенных сетей в общем потоке трафика сетевых приложений на основе методов теории распознавания образов. Современный подход к анализу и идентификации трафика основывается на применении алгоритмов распознавания образов (pattern recognition) с применением технологий машинного обучения (machine learning). Данный подход, в отличие от классического DPI, позволяет анализировать и идентифицировать даже зашифрованный и обфусцированный трафик. При этом эффективность корректной идентификации трафика, и в частности трафика анонимных распределенных сетей, сильно зависит от выбранного набора критериев и полноты описания идентифицируемого типа трафика. Применение обучения без учителя помогает адаптироваться к постоянным изменениям внутренней структуры сетевого трафика. Необходимо исследовать методы классификации трафика (наивный байесовский классификатор, дерево классификации, метод опорных векторов) для оценки их применимости к классификации обфусцированного трафика сети Tor.

Очевидно, что для эффективного обнаружения и блокирования трафика анонимных распределенных компьютерных сетей требуется совокупное применение всех указанных подходов. Разработка методов обнаружения зашифрованного и обфусцированного трафика анонимных распределенных компьютерных сетей позволит получить относительную оценку доли данного трафика в общем объеме пользовательского интернет-трафика и абсолютную оценку числа пользователей данных сетей. Инструментарий, построенный на основе предлагаемых методов, позволит определять тенденции и закономерности по отдельным видам компьютерных инцидентов, устанавливать связи между конкретными преступлениями (будет способствовать расследованию преступлений), блокировать взаимодействие злоумышленников и террористов в данных сетях в режиме реального времени.

Литература

1. Скрыль С.В. Структурирование описания противоправных действий в сфере компьютерной информации как методологическая основа их криминалистического исследования / С.В. Скрыль, Е.Б. Белов, Р.В. Мещеряков // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2008. №2(18), ч. 1. С. 132–134.
2. Dingleline R. Tor: The second-generation onion router / R. Dingleline, N. Mathewson, P. Syverson // In Proceedings of the 13th USENIX Security Symposium, USENIX Association. Berkeley, CA, USA. Vol. 13. P. 21–21.
3. Winter P., Lindskog S. How China is blocking Tor (2012) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://arxiv.org/pdf/1204.0447.pdf>, свободный (дата обращения: 01.09.2014).
4. Barker J. Using Traffic Analysis to Identify Tor Usage – A Proposed Study / J. Barker, P. Hannay, C. Bolan // Proceedings of the 2010 International Conference on Security & Management. 2010. P. 620–623.
5. Gilad Y. Spying in the Dark: TCP and Tor Traffic Analysis / Y. Gilad, A. Herzberg // Proceedings of the 12th international conference on Privacy Enhancing Technologies. 2012. P. 100–119.

6. SkypeMorph: Protocol Obfuscation for Tor Bridges / H. Moghaddam, B. Li, M. Derakhshani, I. Goldberg // In Proceedings of the 2012 ACM conference on Computer and communications security (CCS '12). 2012. P. 97–108.
7. Houmansadr A. The Parrot Is Dead: Observing Unobservable Network Communications / A. Houmansadr, C. Brubaker, V. Shmatikov // In Proceedings of the 2013 IEEE Symposium on Security and Privacy. 2013. P. 65–79.
8. Granerud A.O. Identifying TLS abnormalities in Tor [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/143950/Identifying_TLS_abnormalities_in_Tor_AndersOlausGranerud.pdf, свободный (дата обращения: 01.09.2014).

УДК 519.111.3

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛА ПРОИЗВОДЯЩЕЙ ФУНКЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КРИТЕРИЕВ ПРОСТОТЫ ЧИСЛА

Ю.В. Шабля, Д.В. Кручинин

Показана роль простых чисел в защите информации. Приведен способ построения критериев простоты числа. Показано применение интеграла производящей функции для приведения производящей функции к виду логарифмической производящей функции.

Ключевые слова: тесты на простоту, производящие функции, композиция, интеграл.

Применение простых чисел. Изучение простых чисел и их свойств ведёт своё начало с древнейших времён. Практическое применение простые числа нашли в основном только в области криптографии, т.е. в науке, занимающейся защитой информации. Но чтобы получить простое число, пригодное для применения в криптографических алгоритмах (число должно быть как можно больше), необходимо сгенерировать число требуемого размера и проверить его с помощью теста простоты.

В основе теста простоты числа закладывается критерий простоты – это то условие, которое выполняется обязательно для простых чисел. В работах [1, 2] предлагается новый метод построения критериев простоты числа, основанный на теории производящих функций.

Метод построения критериев простоты числа. Для построения критериев рассмотрим отдельный класс производящих функций. Будем называть логарифмической производящей функцией степенной ряд вида

$$R(x) = \sum_{n=1}^{\infty} r(n)x^n = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\tilde{r}(n)}{n} x^n, \quad (1)$$

где $\tilde{r}(n)$ – целочисленная последовательность.

Логарифмическая производящая функция (1) отличается от обычной тем, что в качестве коэффициентов степенного ряда берутся элементы $\tilde{r}(n)$, деленные на порядковый номер, т.е. $\frac{\tilde{r}(n)}{n}$. Еще одно отличие заключается в том, что отсутствует свободный член.

Операции сложения, умножения, дифференцирования и интегрирования, определенные для всех производящих функций, справедливы и для логарифмических.

Пусть:

$F(x) = \sum_{n=1}^{\infty} f(n)x^n$ – производящая функция с целыми коэффициентами;

$R(x) = \sum_{n=1}^{\infty} r(n)x^n = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\tilde{r}(n)}{n} x^n$ – логарифмическая производящая функция.

Тогда:

$G(x) = R(F(x)) = \sum_{n=1}^{\infty} g(n)x^n$ – композиция производящих функций.

Для указанной композиции производящих функций выполняются следующие свойства [3]:

Свойство 1. Для любых значений $n \in \mathbb{N}$ значение выражения $ng(n)$ является целым числом.

Свойство 2. Для любого простого n значение выражения $\frac{ng(n) - f(1)^n \tilde{r}(n)}{n}$ является целым числом.

Значения коэффициентов $g(n)$ композиции $G(x) = R(F(x))$ вычисляются через композиту функции $F(x)$ [4]

$$g(n) = \sum_{k=1}^n F^{\Delta}(n, k) r(k) = \sum_{k=1}^n F^{\Delta}(n, k) \frac{\tilde{r}(k)}{k}. \quad (2)$$

В зависимости от параметров композиции, а именно от самой логарифмической функции, от композиты подставляемой производящей функции выражение (2) имеет различные числовые и вероятностные характеристики, а также вычислительную сложность.

Использование данных свойств композиции производящих функций делает возможным построение критериев простоты натурального числа. Построение критерия простоты числа основано на вычислении коэффициента композиции $g(n)$ по формуле (2). Затем вычисляется выражение (3), значение которого для простых чисел является целым:

$$\sum_{k=1}^{n-1} F^{\Delta}(n, k) r(k) = \sum_{k=1}^{n-1} F^{\Delta}(n, k) \frac{\tilde{r}(k)}{k} = \frac{ng(n) - f(1)^n \tilde{r}(n)}{n}. \quad (3)$$

Применение интеграла производящей функции. Рассмотрим случай композиции производящих функций с применением производящей функции с целочисленными коэффициентами вида

$$B(x) = \sum_{n=1}^{\infty} b(n)x^{n-1}. \quad (4)$$

Возьмем интеграл от производящей функции (4) и обозначим $b(n) = \tilde{r}(n)$

$$\int B(x) dx = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b(n)}{n} x^n = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\tilde{r}(n)}{n} x^n = \sum_{n=1}^{\infty} r(n)x^n = R(x). \quad (5)$$

Выражение (5) показывает новое свойство, которое позволяет любую производящую функцию с целыми коэффициентами привести к требуемому виду внешней производящей функции композиции, т.е. к виду логарифмической производящей функции (1).

Полученное свойство обобщает прошлые наработки в области построения критериев простоты натурального числа на основе свойств композиции производящих функций. Например, ранее уже были рассмотрены логарифмические производящие функции следующего вида [5, 6]:

$$R_1(x) = \ln\left(\frac{1}{1-x}\right) = x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} x^n, \quad (6)$$

$$R_2(x) = \ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{n} x^n, \quad (7)$$

$$R_3(x) = \operatorname{arctg}(x) = x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} x^{2n-1}, \quad (8)$$

$$R_4(x) = \operatorname{arth}(x) = x + \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} x^{2n-1}. \quad (9)$$

Выражение (6) можно получить, если проинтегрировать функцию вида

$$B(x) = \frac{1}{1-x} = 1 + x + x^2 + x^3 + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} x^n,$$

$$\int B(x) dx = \int \sum_{n=0}^{\infty} x^n dx = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} x^n = \ln\left(\frac{1}{1-x}\right) = R_1(x).$$

Выражение (7) можно получить, если проинтегрировать функцию вида

$$B(x) = \frac{1}{1+x} = 1 - x + x^2 - x^3 + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n x^n,$$

$$\int B(x) dx = \int \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n x^n dx = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{n} x^n = \ln(1+x) = R_2(x).$$

Выражение (8) можно получить, если проинтегрировать функцию вида

$$B(x) = \frac{1}{1+x^2} = 1 - x^2 + x^4 - \dots = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n x^{2n},$$

$$\int B(x) dx = \int \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n x^{2n} dx = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} x^{2n-1} = \operatorname{arctg}(x) = R_3(x).$$

Выражение (9) можно получить, если проинтегрировать функцию вида

$$B(x) = \frac{1}{1-x^2} = 1 + x^2 + x^4 + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} x^{2n},$$

$$\int B(x) dx = \int \sum_{n=0}^{\infty} x^{2n} dx = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} x^{2n-1} = \operatorname{arth}(x) = R_4(x).$$

Таким образом, мы получаем обобщение метода построения критериев простоты числа на основе производящих функций. Использование интеграла от производящей функции позволяет привести производящую функцию к требуемому виду логарифмической производящей функции.

Работа поддержана Министерством образования и науки, проект № 1220 «Фундаментальные основы проектирования информационно-безопасных систем».

Литература

1. Кручинин Д.В. Метод построения алгоритмов проверки простоты натуральных чисел для защиты информации / Д.В. Кручинин, В.В. Кручинин // Доклады ТУ-СУРа. 2011. №2(24). С. 247–251.
2. Шабля Ю.В. Критерии простоты числа на основе производящих функций / Ю.В. Шабля, Д.В. Кручинин // Электронные средства и системы управления: матер. Докл. IX Междунар. науч.-практ. конф. Томск: В-Спектр, 2013. Ч. 2. С. 38–40.
3. Кручинин Д.В. О свойствах коэффициентов суперпозиции некоторых производящих функций // Прикладная дискретная математика. 2012. №1(15). С. 55–59.
4. Кручинин В.В. Комбинаторика композиций и ее приложения. Томск: В-Спектр, 2010. 156 с.
5. Шабля Ю.В. Свойства коэффициентов композиции двух производящих функций вида $\ln(1+f(x))$ / Ю.В. Шабля, Д.В. Кручинин // Решетневские чтения: матер. XVII междунар. Науч. Конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем акад. М.Ф. Решетнева. Красноярск, 2013. С. 326–328.
6. Шабля Ю.В. Свойства коэффициентов композиции двух производящих функций вида $\ln(1+f(x))$ / Ю.В. Шабля, Д.В. Кручинин // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: сборник трудов XI Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. Томск, 2014.

УДК 621.396.41

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ БЛИЗОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ

Д.С. Терентьев

Проведено исследование основных методов анализа и оценки близости текстов. Был проведен анализ структуры и особенностей составления федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения. Для сравнения текстовых фрагментов стандартов был выбран метод частотно-контекстной классификации тематики текста, для которого будет реализовано приложение. Также были рассмотрены такие документы, как план учебного процесса и академическая справка. Полученная программа будет предназначена для частичной автоматизации труда сотрудника при сопоставлении образовательных стандартов и принятии решения о переводе и зачислении студентов.

Ключевые слова: учебный план, ФГОС ВПО, оценка близости текстов, компетенции, академическая справка, план учебного процесса.

Проблема сравнения текстовой информации и выявления степени сходства является одной из наиболее важных и трудных задач анализа данных и поиска информации. Учитывать схожесть текстовых документов необходимо при разработке поисковых систем и повышения их качества за счет удаления избыточной дублирующей информации, при объединении информации в тематические группы или фильтрации необходимой информации. Также определение схожести текстовых документов используется при установлении авторства или выявлении факта плагиата.

В данной работе ставится цель: получение оценки степени близости федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения.

Для достижения этой цели были поставлены задачи:

- обзор и анализ основных способов оценки близости текстовых документов;
- выбор метода для сравнения текстов;
- сравнение федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения.

Данная работа является актуальной в таких областях, как:

- поисковые системы;
- тематический анализ;
- обработка неструктурированной информации.

Структура федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки:

1. Область применения.
2. Используемые сокращения.
3. Характеристики направления подготовки – в этом разделе определяется нормативный срок, общая трудоемкость освоения основных образовательных программ (в зачетных единицах) и соответствующая квалификация (степень).
4. Характеристика профессиональной деятельности специалистов – определяются область, объекты профессиональной деятельности, виды, профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности и профилем подготовки.
5. Требования к результатам освоения основных образовательных программ (ООП) – компетенции, которыми должен обладать выпускник: общекультурные, профессиональные (общепрофессиональные, эксплуатационная деятельность, экспериментально-исследовательская, организационно-управленческая деятельность и т.д.), по специализациям. Каждая компетенция описывается словом «способность». Каждой компетенции назначен шифр, который в дальнейшем используется в учебных планах и программах для ее обозначения.
6. Требования к структуре ООП – данный раздел определяет учебные циклы и разделы, необходимые для подготовки специалиста:
 - гуманитарный, социальный и экономический циклы;
 - естественнонаучный цикл;
 - профессиональный цикл;
 - физическая культура;
 - учебная и производственная практики и/или научно-исследовательская работа;
 - итоговая государственная аттестация.

В данном разделе приведена структура ООП. Структура ООП включает в себя учебные циклы и проектируемые результаты их освоения. Результаты изучения формулируются с помощью слов «знать», «уметь», «владеть». Для базовой части цикла результаты определены ФГОС ВПО, для вариативной части циклов результаты формулируются вузом в ООП. Для каждого учебного цикла приведен перечень дисциплин, которые должны быть освоены в рамках данного цикла, и коды формируемых компетенций в результате обучения.

7. Требования к условиям реализации ООП – требования к вузу, аудиториям, видам занятий и их соотношению, трудоемкости дисциплин, количеству часов и количеству зачетных единиц, требования к проводимым вузом видам практик, требования к кадровому составу преподавателей, требования к методическому обеспечению, программному обеспечению и аппаратным средствам.

8. Оценка качества освоения ООП – определяет формы и процедуры контроля знаний, требования к разработке оценочных средств для контроля качества изучения программы.

При сопоставлении двух стандартов будем рассматривать два раздела, в которые в основном раскрывают компетентностный подход: требования к результатам освоения ООП и требования к структуре ООП. В первом разделе необходимо выделить из текста и сравнить компетенции. Во втором рассматриваемом разделе необходимо сопоставить информацию, представленную в таблице «Структура ООП». В данной таблице для каждого учебного цикла необходимо выделить:

- результаты их освоения, обозначенные словами «знать», «уметь», «владеть»;
- список дисциплин;
- список формируемых компетенций.

Остальные разделы стандартов можно не рассматривать ввиду наименьшей их информативности при сопоставлении двух стандартов.

При переводе студента с одной специальности на другую или при поступлении на второе высшее образование иногда возможно перезачесть оценки по некоторым дисциплинам, уже изученным студентом. В этом случае следует сопоставить два документа:

- план учебного процесса по специальности, на которую поступает студент;
- академическую справку, предоставляемую студенту.

План учебного процесса также имеет определенную структуру. В данном документе приведены дисциплины, изучаемые в рамках данной специальности, которые сгруппированы по учебным циклам в соответствии с ФГОС ВПО, номера семестров, в которых сдаются экзамены, зачеты и выполняются курсовые работы, и количество часов, выделяемых на освоение дисциплин.

Академическая справка содержит информацию о студенте и результатах его обучения на момент выдачи справки. В справке приведен перечень дисциплин, по которым студент был аттестован за время обучения, общее количество часов, выделяемое на освоение дисциплины, и итоговая оценка.

Для того чтобы перезачесть оценку по какой-либо изученной студентом дисциплине, необходимо, чтобы количество часов для данной дисциплины в академической справке было равно или превышало количество часов, заявленное для данной дисциплины в плане учебного процесса. Таким образом, чтобы сопоставить эти документы, необходимо сопоставить перечни дисциплин и количество часов. Всю остальную информацию, содержащуюся в данных документах, можно не учитывать.

Поиск по документу-образцу.

Целью поиска является обнаружение тематически близких документов. Самым простым подходом к решению задачи поиска документов по образцу является использование всех слов документа-образца в качестве запроса.

Общая схема поиска по документу-образцу представлена на рис. 1.

Существуют документ-образец и некоторая коллекция доступных документов. Выполняется предварительный отбор из коллекции документов, и затем для отобранных документов вычисляется тематическая близость. Вычисленные оценки тематической близости $w_1, \dots, w_n$ используются при ранжировании документов по тематической близости к документу-образцу.

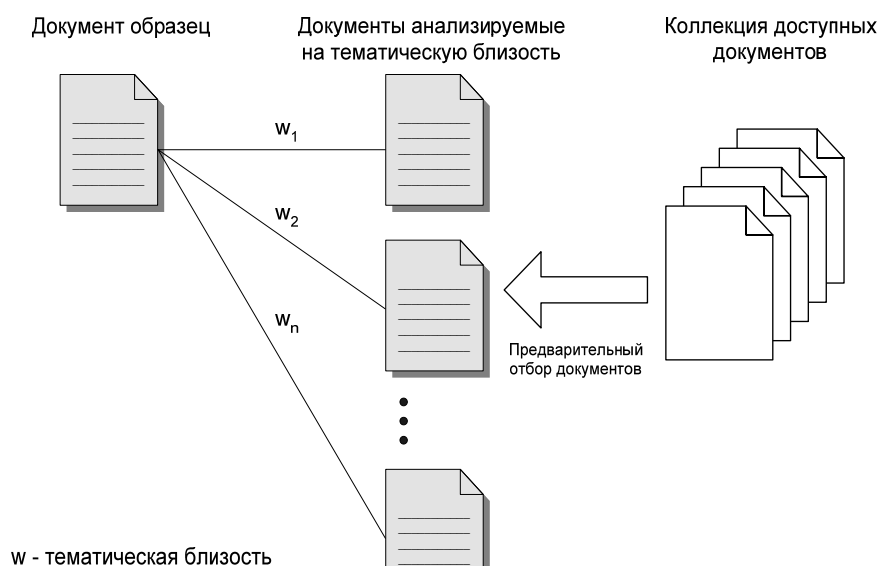


Рис. 1. Поиск документов по образцу

Метод частотно-контекстной классификации тематики текста. Предлагаемый подход к тематической классификации текстовой информации основывается на гипотезе о том, что словарный запас и частота использования слов зависят от темы текста.

Тематическая классификация предполагает выделение множества ключевых слов, определяющих тематику текста. При этом каждому из них приписывается вес, определяющий значимость данного слова в тематике, т.е. какие-то ключевые слова играют большую роль в определении тематики, какие-то меньшую, но именно такая совокупность слов, с такой значимостью каждого из них в тематике и определяет тематическую направленность.

Такой подход обеспечивает снижение размерности за счет перехода от основного текста к его представлению в виде множества ключевых слов, приближенно описывающих его содержание. Это необходимо, прежде всего, для последующей тематической идентификации сравниваемых текстов.

Ключевые слова определяются по количеству их вхождений в текст, а именно – частота ключевых слов в тексте выше других слов.

Проблема заключается в определении порога (автоматизированном, машинном определении), который отделяет ключевые слова от всех остальных.

Очевидно, выбор пороговой величины должен зависеть от конкретного текста, от таких характеристик модели, как $d(M(I, R))_{\max}$, $d(M(I, R))_{\min}$ и $n(I)$:

1) $d(M(I, R))_{\max}$ – максимальная степень информационного элемента для информационной структуры $M(I, R)$:

$$d(M(I, R))_{\max} = \max d(i), \quad i \in I,$$

$M(I, R)$ – информационная структура. Является совокупностью I – множества информационных элементов (вершин графа) и R – набора связей между этими элементами (ребер графа); $d(i)$ – степень информационного элемента:

$$d(i) = n(R(i)), \quad \forall i \in I, \quad 0 < d(i) \leq n(I) - 1,$$

$n(R(i))$ – количество пар связей в наборе $R(i)$.

2) $d(M(I, R))_{\min}$ – минимальная степень информационного элемента для информационной структуры $M(I, R)$:

$$d(M(I, R))_{\min} = \min d(i), i \in I.$$

3) $n(I) = |I|$ – количество информационных элементов множества I (количество уникальных слов в тексте).

Вспомогательные этапы обработки текста. Удаление незначительных слов из рассматриваемых текстов в большинстве случаев является необходимым этапом предварительной обработки текста. Это позволяет значительно повысить эффективность алгоритма, сравнивающего или анализирующего документы. Используются два основных подхода.

Удаление по словарю. Необходимо предварительно составить словарь так называемых стоп-слов, которые не содержат значительную информацию.

Удаление слов по частоте. Слова, имеющие наибольшую частоту появления в тексте, чаще всего относятся к союзам, предлогам и другим незначащим словам и являются шумом при анализе текста. Необходимо определить пороговую частоту появления слов, чтобы безошибочно удалять из анализируемого текста незначащие слова.

Также значительно повысить эффективность любого из перечисленных методов можно с помощью предварительного морфологического и синтаксического анализа. В данном случае необходимо использовать соответствующие словари или прикладные программы.

Литература

1. Портал федеральных государственных образовательных стандартов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fgosvpo.ru/>
2. Министерство образования и науки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mon.gov.ru/>
3. Роганов В.Р., Роганова С.М., Новосельцева М.Е. Методы искусственного интеллекта для машинного перевода текстов: учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://window.edu.ru/window_catalog/files/r36892/stup118.pdf (дата обращения: 20.02.2014).
4. Моченов С.В., Бледнов А.М., Луговских Ю.А. Применение статистических методов для семантического анализа. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005.
5. Чугреев В.Л. Модель структурного представления текстовой информации и метод ее тематического анализа на основе частотно-контекстной классификации: дис. ... канд. техн. наук [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gotai.net/documents/doc-art-007-04.aspx> (дата обращения: 12.03.2014).
6. Анализ текстовых документов для извлечения тематически сгруппированных ключевых терминов, [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://citforum.ru/database/articles/kw_extraction/ (дата обращения: 18.04.2014).
7. Модели и методы семантического сравнения строк символов в коллекции документов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/modeli-i-metody-semanticheskogo-sravneniya-strok-simvolov-v-kollektsii-dokumentov> (дата обращения: 10.05.2014).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ И ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

Председатель секции – Ехлаков Ю.П., д.т.н., профессор, зав. каф. АОИ

УДК 300.35

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС В ГЕОМАРКЕТИНГЕ

О.Н. Богомолова

Отражены технологические особенности применения методологии функционального моделирования IDEF0, использованные в ходе рассмотрения реализации основных функций геоинформационных систем для геомаркетинга для дальнейшего внедрения в веб-ориентированную ГИС WGS3.

Ключевые слова: геомаркетинг, геомаркетинговая информационная система, функциональное моделирование, стандарт IDEF0.

Применение ГИС-технологии с каждым годом набирает свои обороты, позволяет бизнесу выйти за привычные рамки стандартных методов ведения бизнес-процессов предприятия. Аналитики, изучающие и прогнозирующие поведение рынка и потребителей, получают от ГИС мощные инструменты для проведения исследований. Геомаркетинг – одна из наиболее значимых областей применения геоинформационных технологий, следующая за природно-ресурсным комплексом и государственным сектором.

Геомаркетинговая информационная система (ГМС или корпоративная ГИС) – программно-аппаратный комплекс, состоящий из программного обеспечения, информационных ресурсов и баз геоданных, позволяющий осуществлять сбор, хранение, обработку, анализ, моделирование и прогноз пространственно привязанной информации о рынках и потребителях для достижения оперативных и стратегических целей компании в сфере торговли. Основная цель данных систем – это непрерывный внутренний и внешний мониторинг разнородной географически «привязанной» информации о рынке и потребителе, ее визуализация на единой картографической основе для решения оперативных задач компании [1].

Функции геомаркетинговой системы предназначаются для решения следующих основных задач:

- Обоснование открытия торговой точки, когда подбираются новые места для планирования сети «с нуля» или расширения сети с точностью до квартала.

- Геомаркетинговый анализ территорий, когда известен участок (или объект недвижимости) и необходимо проанализировать окружение для уточнения ряда характеристик будущего объекта, а также спрогнозировать показатели относительно этого потенциального места [2].

Использование для этих целей универсальной ГИС не принесет желаемого эффекта, так как типичный функционал данных систем недостаточен в решении задач геомаркетинга. В свою очередь внедрение специфических для данной области функций в ГИС, например в веб-ориентированную ГИС WGS3, и незначительная модификация базового функционала позволят получить совершенно новое решение.

Важным этапом разработки, во многом определяющим требуемый уровень функциональности и надежности, является этап анализа и проектирования функций, процессов взаимодействия в информационных системах.

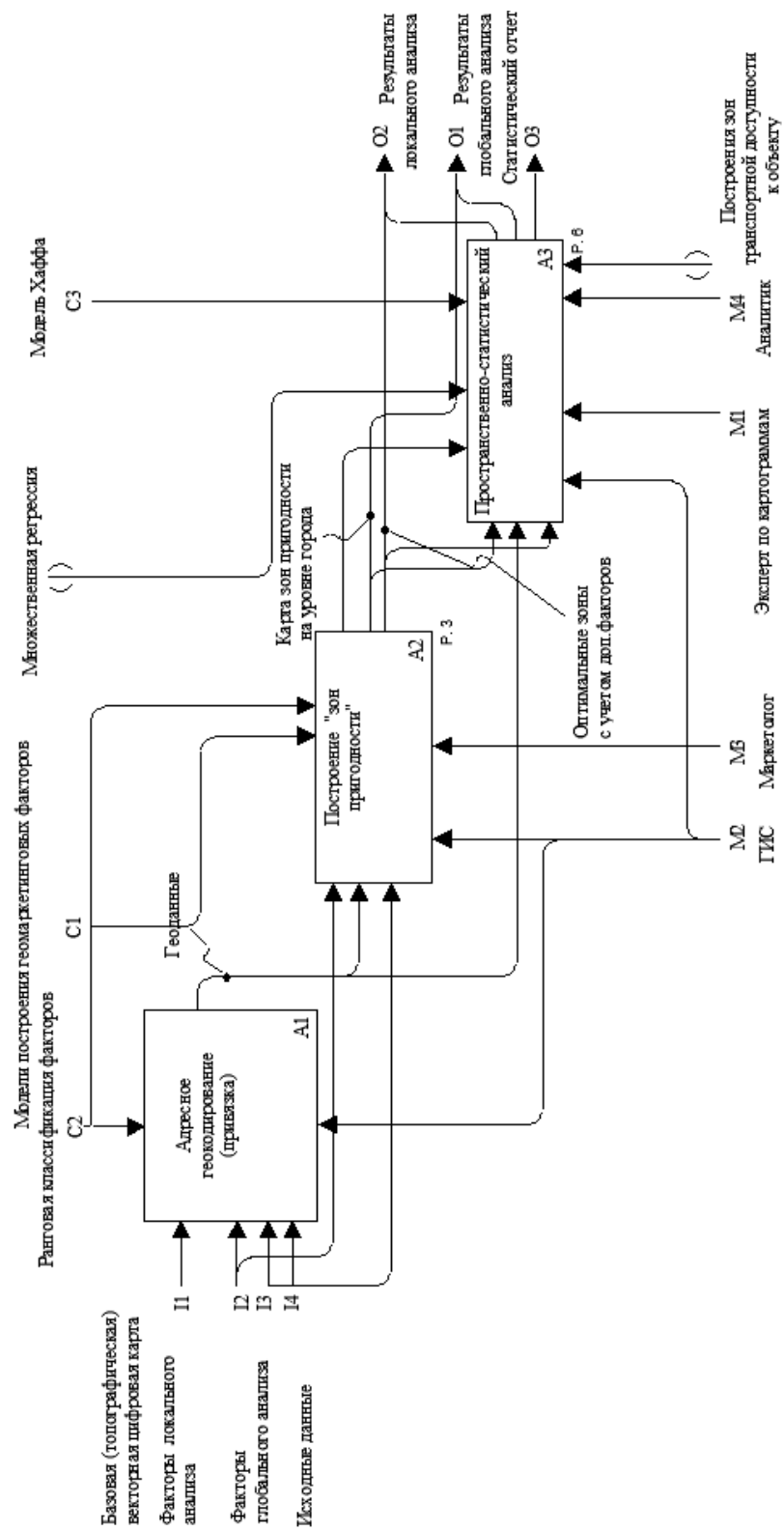


Рис.1. Первый уровень декомпозиции функциональной модели функций ГИС для геомаркетинга

С помощью методики IDEF0 была спроектирована структура основного комплекса функций, необходимых для ГМС, что позволило выявить производимые ими действия, а также связи между ними, управляющие воздействия и механизмы каждой функции. Основная декомпозиция А0 функциональной модели (ФМ) представлена на рис. 1. На первом уровне функциональной модели в качестве входной информации, поступающей для обработки, являются: базовая векторная цифровая карта (I1), факторы глобального и локального анализа территории (I2, I3), и исходные данные (I4), выступающие в роли значений поступивших на вход факторов.

Интерфейс управления основывается на следующих элементах: моделях построения геомаркетинговых факторов (С1), ранговой классификации факторов (С2), модели Хаффа (С3). В свою очередь основными ресурсами служат сама геомаркетинговая система (М4), сотрудники, задействованные в процессе проведения анализа (маркетолог (М3), эксперт по картограммам (М1), аналитик (М4)), а также готовые построения зон транспортной доступности к объекту.

В ходе работы функций ГМС на выход будут подаваться: результаты локального анализа О1 (карты зон пригодности на уровне города), результаты глобального анализа О2 (оптимальное местоположение с учетом дополнительных факторов) и набор статистических отчетных документов О3.

Алгоритм работы начинается с отбора исходной информации, включающей основные объекты для исследования, адреса конкурентов и собственной сети, критерии, основные и дополнительные факторы, на основе которых будут проводиться анализ, веса факторов. Осуществляется их геопривязка к карте. На основе геоданных строятся пространственные модели распространения факторов, задаются веса моделям, накладываются, по результатам чего получают зоны пригодности. Данный процесс повторяется над «зонами пригодности», но уже с учетом ввода дополнительных факторов. В итоге специалист получает карту оптимальных зон на разном уровне анализа, которую может использовать для проведения статистического анализа, а также математического прогнозирования изменений.

Заключение. Таким образом, была рассмотрена функциональная модель реализации основных функций ГИС, применимых в области геомаркетинга. Результаты моделирования позволят перейти к следующим этапам их разработки для дальнейшего внедрения в подходящие для этого готовые решения в качестве дополнительного прикладного функционала. В свою очередь, это предоставит новое мощное решение для ГИС-анализа, позволяющее аналитикам различных компаний учесть множество вариантов развития событий, выявить потенциал расположения на определенной территории нового объекта деятельности, выявлять перспективные сегменты рынка. Никакая другая информационная технология не имеет такого всеобъемлющего аналитического потенциала для работы с пространственной информацией, к которой относится порядка 80% всех данных, используемых компаниями.

Литература

1. Угаров А.С. Методы выбора местоположения торговой точки // Маркетинг в России и за рубежом. 2005. №6.
2. Анализ возможной модернизации функционала системы WGS3 для последующего внедрения ее в различные отраслевые сферы деятельности / А.И. Назарова, О.Н. Богомолова, А.С. Ефремов // Научная сессия ТУСУР-2014: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 2014. Ч. 2. С. 219–222.

**ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГРАММЫ ПО ПОИСКУ
ЭВАКУАЦИОННЫХ ПУТЕЙ В РАЗРАБОТКЕ ПЛАНА ЭВАКУАЦИИ***А.М. Данченко, В.С. Тараканов, В.В. Штерн*

Приведен регламент разработки плана эвакуации. Описана целесообразность применения реализованной индивидуально-поточной математической модели эвакуации людей из здания для разработки плана эвакуации. Приведен результат работы программы и его интерпретация для плана эвакуации.

Ключевые слова: пожарная безопасность, план эвакуации, индивидуально-поточная математическая модель эвакуации людей из здания, эвакуационный путь.

Регламент разработки плана эвакуации. План эвакуации – это план (схема), в котором указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации [1]. План эвакуации входит в состав фотолюминесцентной эвакуационной системы, являясь указательным элементом, и обязателен для общественных зданий, сооружений и транспортных средств. План эвакуации обязательно вывешивается на видных местах [1].

Планы эвакуации используются в целях:

- 1) ориентации и организации эвакуации людей, находящихся в здании, сооружении, транспортном средстве или объекте;
- 2) обучения персонала правилам поведения в случае чрезвычайной ситуации и возможной эвакуации;
- 3) проведения аварийно-спасательных работ во время ликвидации экстренной ситуации.

План эвакуации может быть разработан самостоятельно либо специализированными организациями. Для создания плана эвакуации может использоваться любая программа для работы с графикой или САД-система. План эвакуации не подлежит согласованию с МЧС России или с территориальными органами Федерального государственного пожарного надзора [2]. Создание фотолюминесцентной эвакуационной системы, в том числе плана эвакуации, подчиняется инструкциям ГОСТ Р 12.2.143–2009.

Целесообразность применения реализованной программы в разработке плана эвакуации. От качества разработки плана эвакуации зависят жизнь и здоровье людей, а также успех аварийно-спасательных работ в чрезвычайных ситуациях. Можно предположить, что разработчик плана эвакуации должен наносить на план эвакуации только кратчайшие пути эвакуации, чтобы минимизировать время эвакуации, следовательно, уменьшить риск пожарной опасности для людей. Кроме того, важнейшей задачей остается поддержка плана в актуальном состоянии, т.е. на плане должны быть нанесены все возможные изменения, влияющие на движение людей внутри здания (сооружение перегородок, блокировка дверей и выходов и т.п.).

Авторами статьи был программно реализован расчет времени процесса эвакуации людей из здания, использующий индивидуально-поточную математическую модель движения людей [3]. Посредством данной программы возможно построение кратчайших эвакуационных путей для каждого отдельного человека, учитывающее планировку здания. Анализ результатов работы программы позво-

лит быстро и точно построить эвакуационные пути для плана эвакуации, а также оперативно вносить изменения.

Разработанная программа проводит подготовительную, но являющуюся ключевой, работу – определяет направление движения людей в здании и кратчайший эвакуационный путь. Без данной работы не представляется возможным правильно определить эвакуационные пути, особенно для зданий со сложной системой размещения помещений. Далее приведен пример работы программы и применения ее результатов.

Построение плана эвакуации

Этап 1. На рис. 1 изображен план этажа с расставленными людьми внутри помещений. Программа на вход получает план здания в формате .dxf, заданное число людей случайным образом расставляется внутри помещения.

Этап 2. Кроме получения времени эвакуации, программа позволяет построить эвакуационные выходы из каждой комнаты [4]. На рис. 2 изображены кратчайшие эвакуационные пути для каждого человека соответственно.

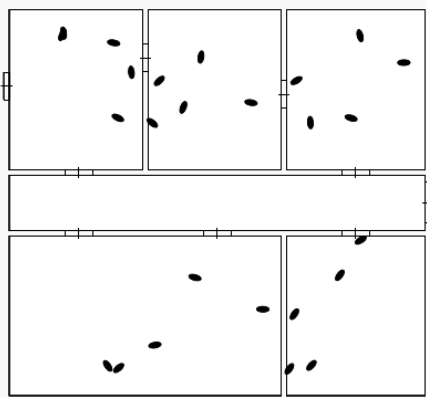


Рис. 1. Подготовка к расчету

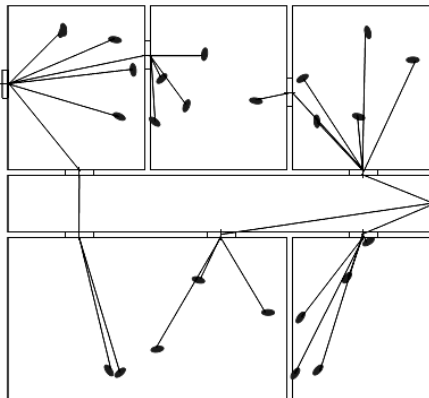


Рис. 2. Отображение эвакуационных путей

Этап 3. На рис. 3 изображена интерпретация результатов программы. Получив результаты на 2-м этапе, можно построить план эвакуации при помощи любого удобного инструмента.

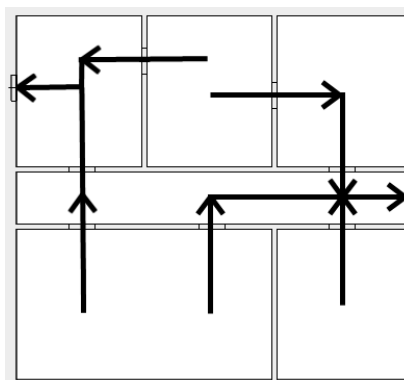


Рис. 3. План эвакуации

Заключение. Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод, что использование программы значительно упростит поиск эвакуационных путей для построения плана эвакуации. Используя программную реализацию, можно максимально достоверно спроектировать основные направления движения людей, в том числе и для зданий со сложной проектировкой. Полученные результаты будет удобно интерпретировать как ответственному за пожарную безопасность самостоятельно, так и специализированной организации.

Литература

1. ГОСТ Р 12.2.143–2009 Система стандартов безопасности труда. Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 04.09.2014).
2. Изменение №1 ГОСТ Р 12.2.143–2009 Система стандартов безопасности труда. Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №1489-ст (от 14.12.2011). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 04.09.2014).
3. 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 // Доклады ТУСУРа. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2014. С. 167–171.
4. Тараканов В.С. Алгоритм поиска эвакуационных путей / В.С. Тараканов, А.М. Данченко, В. В. Штерн // Современные техника и технологии: сб. докладов XX Междунар. науч.-практ. конф.: В 3 т. Т. 2. Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2014. С. 253–254.

УДК 330.35

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ WGS3

А.С. Ефремов

Предложена методология SADT на основе стандарта проектирования IDEF0. Определены механизмы реализации, а также входные и выходные данные.

Ключевые слова: геоинформационная система, сервис-ориентированная архитектура, методология SADT, стандарт проектирования IDEF0.

В ТУСУРе была разработана веб-ориентированная геоинформационная система WGS3 (Web-Gis-Server). Создание системы обусловлено необходимостью повышения эффективности применения геоинформационных технологий для управления инженерной инфраструктурой промышленных предприятий и муниципальных образований. Основными задачами, решаемыми геоинформационной системой WGS3, являются:

- максимально быстрое получение с помощью электронного сетевого оборудования точной информации об объектах инженерных сетей для выполнения смежных работ;
- многократное распараллеливание одновременной работы с готовыми и точными планами инженерных сетей, позволяющее ускорить выполнение проектно-конструкторских и ремонтно-строительных работ вследствие высокого качества информации;
- максимальная скорость поиска информации о сосредоточенных и распределенных объектах;
- удобство привязки информации к графическим объектам [1].

Сервис-ориентированная архитектура данной геоинформационной системы предполагает возможность расширения и модификации функционала системы.

Возрастающие потребности общества в нефтепродуктах повлекли за собой значительное увеличение объемов добычи, транспортировки и переработки нефти, и, как следствие, рост протяженности нефтепроводов, количества объектов хранения и переработки нефти. Результатом данного роста стало существенное увеличение количества аварий на объектах нефтяной, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, сопровождающихся разливами нефти и нефтепродуктов. Разливы, в свою очередь, могут привести к нарушению экологического равновесия, возникновению чрезвычайных ситуаций техногенного характера, связанных с возгоранием нефти и нефтепродуктов, взрывами смесей паров углеводородов с воздухом. Каждая авария на предприятии любой формы собственности является проблемой не только самого предприятия, но и государственных органов и служб, отвечающих за безопасность окружающей среды, контролирующих и выполняющих работы по ликвидации аварий. Одной из основных задач, решаемых органами, контролирующими и выполняющими работы по ликвидации аварий, является расчет объема аварийного разлива нефти.

ГИС позволяет максимально автоматизировать сложные и трудоёмкие расчёты по вычислению объемов разлившейся нефти при АРН на трубопроводе, резервуара, железнодорожного состава, что в разы уменьшает стоимостные и временные затраты на решение данной задачи.

Для этого была разработана функциональная модель для последующей адаптации системы WGS3 под нефтегазовую отрасль. Практическая реализация в дальнейшем будет осуществляться с использованием геоинформационных технологий.

Функциональная модель отображает функциональную структуру, т.е. производимые им действия и связи между этими действиями. Функциональная модель проектировалась с использованием программного продукта Edraw Max с помощью методологии SADT на основе стандарта проектирования IDEF0.

На рис. 1 представлен первый главный уровень функциональной модели «Нефтегазовая отрасль».

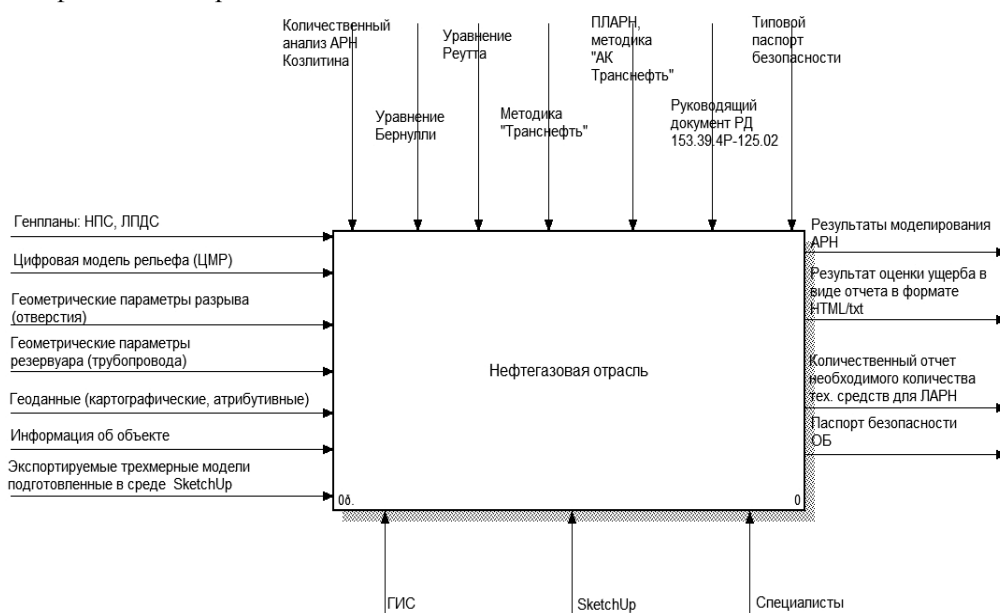


Рис. 1. Первый главный уровень функциональной модели «Нефтегазовая отрасль»

Определим основные составляющие модели, которые можно наглядно рассмотреть в таблице.

Основные составляющие модели для нефтегазовой отрасли

Входные данные	Элементы управления	Выходные данные	Механизмы реализации
П1 – генпланы: НПС – генеральный план головной нефтеперекачивающей станции, ЛПДС – генеральный план линейной производственно-диспетчерской станции. I2 – цифровая модель рельефа (ЦМР). I3, I4 – геометрические параметры разрыва и резервуара. I5 – экспортные модели, подготовленные в среде Sketch Up. I6 – геоданные (картографические, атрибутивные). I7 – информация об объекте	C1 – количественный анализ АРН Козлитина. C2, C3 – уравнение Бернулли и Реутта. C4 – методика «Транснефть». C5 – ПЛАРН, методика «АК Транснефть». C6 – руководящий документ РД. C7 – типовый паспорт безопасности	O1 – результаты моделирования АРН. O2 – результат оценки ущерба в виде отчета в формате HTML / txt. O3 – количественный отчет необходимого количества техники для ЛАРН. O4 – паспорт безопасности ОБ	M1– ГИС; M2 – SketchUp – программа для моделирования относительно простых трёхмерных объектов. M3 – специалисты

Диаграмма верхнего уровня А0, содержащая блок «Нефтегазовая отрасль», была декомпозирована на 3 блока: «Моделирование АРН», «Определение природной среды при АРН и ЛАРН» и «Введение паспорта безопасности опасных объектов».

Первый уровень декомпозиции функциональной модели «Нефтегазовая отрасль» представлен на рис. 2.

Количество нефти, вытекающее при аварии на i -м участке трассы, является случайной функцией, зависящей от следующих случайных параметров:

- размера и места расположения аварийного отверстия;
- интервала времени с момента возникновения аварии до перекрытия задвижек;
- продолжительности истечения нефти с момента остановки перекачки до момента прибытия аварийно-восстановительной бригады и эффективности мер по локализации аварии.

Остальные параметры и условия перекачки (диаметр нефтепровода, профиль трассы, характеристики насосов и т.п.) могут считаться постоянными и использоваться в качестве исходных данных.

Расчет количества нефти, вылившейся из трубопровода, производится в три этапа, определяемых разными режимами истечения:

- истечение нефти с момента повреждения до остановки перекачки;
- истечение нефти из трубопровода с момента остановки перекачки до закрытия задвижек;
- истечение нефти из трубопровода с момента закрытия задвижек до прекращения утечки.

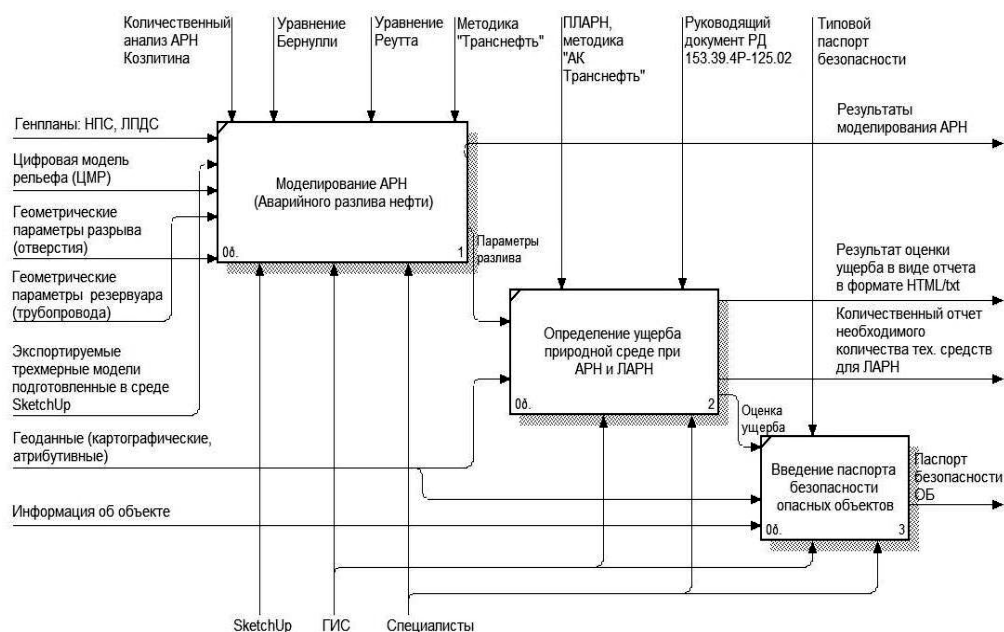


Рис. 2. Первый уровень декомпозиции функциональной модели «Нефтегазовая отрасль»

Закключение. В ходе проделанной работы была рассмотрена нефтегазовая отрасль для дальнейшей адаптации функционала геоинформационной системы WGS3 под данную отрасль. Для решений данной задачи была разработана функциональная модель с помощью методологии SADT на основе стандарта проектирования IDEF0.

Литература

1. Геоинформационные технологии мониторинга инженерных сетей [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://aoi-soft.com/content/files/648-geoinform_tech.pdf (дата обращения: 04.09.2014).

УДК 300.35

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Е.А. Гольцова, М.С. Герасимова, А.В. Волос, М.Г. Крашенинников

Рассматривается развитие компьютеризации, появление необходимости в HelpDesk-системах, развитие HelpDesk-систем, рынок систем и перспектива развития HelpDesk.

Ключевые слова: компьютеризация, автоматизация, аутсорсинг, IT-системы, системы поддержки пользователя HelpDesk, CRM, IT-предприятия.

Началом компьютеризации принято считать 40-е гг. XX в. В это время в США и СССР начинается создание компьютеров, моделирующих процессы цепной реакции деления ядер.

Далее компьютеризация стала одним из факторов, которые влияют на развитие мирового сообщества. Человечество развивается такими темпами, что общество вынуждено постоянно перестраивать социальные институты и связи между

ними. Явление компьютеризации привело к внедрению в деятельность человека абсолютно новых технических, технологических и социальных ресурсов.

К плюсу компьютеризации относятся новые возможности в производственной сфере. С помощью компьютеров стала возможной автоматизация процессов проектирования, что позволило вывести строительство автомобилей, самолётов, судов и другой современной техники на качественно новый уровень.

На данный момент компьютеры широко используются во всех сферах жизни общества: компьютеры – это неотъемлемая часть бизнеса (автоматизированные системы бухучёта, пластиковые карты), производства (станки с ЧПУ, автоматизированные производственные линии), обмена (интернет-магазины) и повседневного быта (персональные компьютеры).

Глобальная компьютеризация не обошла стороной даже самые малые предприятия. Абсолютно вся офисная работа, бухгалтерия, а также все операции с кадрами базируются на компьютерных технологиях.

Отказ в работе IT-систем может парализовать всю деятельность предприятия. Даже присутствие администратора не всегда позволяет мобильно локализовать проблему. Именно здесь и возникает необходимость привлечения высококвалифицированных специалистов со стороны.

На сегодняшний день IT-аутсорсинг не столько «скорая помощь», а сколько техподдержка и информационное сопровождение.

IT-аутсорсинг – это передача внешнему поставщику работ и задач, ответственности за часть процесса обслуживания или функционирование IT-системы.

Возможности IT-аутсорсинга позволяют руководителям компаний не волноваться о работоспособности компьютерной сети компании и сосредоточить свое внимание исключительно на проблемах, связанных с основной деятельностью предприятия.

Важная составляющая IT системы – профессиональная поддержка пользователей. Система Help Desk является службой, которая осуществляет централизованный контроль и поддержку пользователей по вопросам, касающимся технической, программной базы, обслуживания компьютерного оборудования. Подобная служба выполняет функции одного из видов аутсорсинга.

Служба технической поддержки, или Help Desk, – сервисная структура, решающая проблемы пользователей с компьютерами (как аппаратным, так и программным обеспечением) и оргтехникой.

Сегодня у почти каждого сотрудника на производстве есть в наличии компьютер, и у каждого сотрудника рано или поздно появляются технические проблемы. Раньше приходилось тратить драгоценное время и искать человека, который сможет исправить проблему, но с появлением Help Desk этот процесс автоматизировался.

Страница портала Help Desk доступна каждому сотруднику компании, через которую сотрудник может заявить о технической проблеме или просто задать вопрос службе технической поддержки либо помочь другому сотруднику, если он уже сталкивался с аналогичной проблемой. Все обращения (заявки) регистрируются в единой базе, каждая заявка имеет свой идентификационный номер. Пользователи системы могут отслеживать ход выполнения заявок и просматривать данные по уже выполненным заявкам.

Преимущества системы Help Desk

1. Позволяет специалистам поддержки быстро разрешать проблемы, схожие с уже возникавшими.

2. Повышает эффективность работы ИТ-отдела за счёт решения инцидентов без обращения в службу поддержки.

Свое развитие HelpDesk-системы получают в двухтысячных. Первая система поддержки пользователей в России была разработана А. Поповым в 2001–2002 гг., который впоследствии вместе с К. Костеревой основал компанию Terrasoft. Они вышли на рынок во время повышения интереса бизнес-компаний к CRM (система управления взаимоотношениями с клиентами).

По данным исследовательской и консалтинговой компании Gartner, в период с 2003 по 2008 г. мировой рынок систем управления взаимоотношениями с клиентами стабильно демонстрировал огромное развитие. Развитие в Европе было еще более стремительно, это связано со слабой насыщенностью рынка на тот момент. В то же время в декабре 2001 г. семнадцатилетний японский разработчик Варун Шур буквально в своей комнате создает новый проект HelpDesk-системы с присутствием чата, что обеспечило большую скорость ответа пользователю.

Сейчас существует несколько крупных компаний, которые предлагают услуги в этой сфере. Далее приведена таблица сравнения наиболее распространенных продуктов в сфере поддержки пользователя. Данная таблица показывает немалое число продуктов на рынке различного функционала и бюджета.

Сравнение Help Desk-систем

Показатели	Intra Service [1]	SmartNut [2]	OTRS [3]	Kayako Resolve [4]	Zendesk [5]
1. Пользовательский интерфейс	Web-интерфейс, Windows, сотовая связь	Web-интерфейс, E-mail	Web-интерфейс, E-mail, сотовая связь, факс, СМС, SOAP/XML	Web-интерфейс, E-mail, сотовая связь, факс, СМС, SOAP/XML	Web-интерфейс, E-mail
2. Поддержка уведомлений	+	+	+	+	+
3. Цена	60 000 руб.	По запросу (либо 500 руб/мес. за сотрудника)	Бесплатная	\$599 за 10 сотрудников	25\$ за сотрудника в месяц
4. Учет трудозатрат	+	-	+	+	+
5. Взаимодействие с клиентами	E-mail	E-mail	Интерфейс программы	E-mail, внутренний чат	E-mail, facebook, voip, web, чат

Если говорить о перспективах развития HelpDesk-систем, то они следующие:

Перспектива первая. В скором будущем HelpDesk-системы будут использоваться не только на предприятиях крупных и средних размеров, но и на малых предприятиях и фирмах.

HelpDesk только начали свое развитие, сейчас они внедряются в основном на крупные предприятия. Но эта сфера развивается, а значит, становится более доступной и для предприятий с не очень большим бюджетом.

Вспоминается интересное сравнение по поводу развития современных технологий:

«Если бы авиапромышленность в последние 25 лет развивалась столь же стремительно, как промышленность средств вычислительной техники, то сейчас самолёт Boeing 767 стоил бы 500 долл. и совершал облёт земного шара за 20 минут, затрачивая при этом пять галлонов (~18,9 л) топлива. Приведенные цифры весьма точно отражают снижение стоимости, рост быстродействия и повышение экономичности ЭВМ» [6].

С переносом на 21-й век можно сказать, что с такой же скоростью развиваются системы поддержки пользователя. В скором времени HelpDesk перестанет быть роскошью и будет доступна большинству предприятий различных размеров.

Перспектива вторая. HelpDesk системы будут использоваться не только для IT-предприятий, но и для предприятий, связанных с технологической промышленностью.

HelpDesk в настоящее время используется только на IT-предприятиях. Но в скором времени эти системы будут внедрены на предприятиях, связанных с технологической промышленностью. На таких предприятиях системы будут использоваться в основном для отслеживания поломок оборудования. Всё оборудование предприятий будет оснащено датчиками, которые будут отслеживать состояние механизмов, система будет иметь доступ к показаниям датчиков и сможет отслеживать их, а при обнаружении поломок – отображать на картах оборудования место поломки, для более быстрого реагирования на неполадки и более быстрого их устранения.

Литература

1. Универсальная Service Desk-система [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.intraservice.ru> (дата обращения: 1.09.2014).
2. SMARTNUT Service Desk-система для поддержки пользователей ИТ-услуг [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.smartnut.ru> (дата обращения: 1.09.2014).
3. OTRS-открытые, технологии реальные услуги [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.otrs.com> (дата обращения: 2.09.2014).
4. Service Desk система для поддержки пользователей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kayako.com> (дата обращения: 2.09.2014).
5. Программное обеспечение обслуживания клиентов Zendesk [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.zendesk.com> (дата обращения: 2.09.2014).
6. Майоров С.А., Кириллов В.В., Приблуда А.А. Введение в микроЭВМ. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1988. 304 с.

УДК 621.396.41

РАЗГРАНИЧЕНИЕ ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ ОРГАНИЗАЦИИ

И.З. Краснов

Мероприятия по обеспечению информационной безопасности (ИБ), не приносят доходов, с их помощью можно лишь уменьшить ущерб от возможных инцидентов. Поэтому очень важно, чтобы затраты на создание и поддержание ИБ на должном уровне были соразмерны ценности активов организации, связанных с ее информационной системой (ИС). Соразмерность может быть обеспечена категорированием информации и информационной системы, а также выбором регуляторов безопасности на основе результатов категорирования.

Экономически не выгодно обеспечивать одинаковую безопасность всех ресурсов. Необходимо сосредоточить внимание на защите ресурсов от которых зависит жизнеспособность компании.

С категорированием ресурсов связан принцип «минимизации привилегий». Но если на каждого сотрудника сгрузить всю информацию соответствующего уровня конфиденциальности, получится много «лишней» информации, не требующейся ему для работы. То есть информация ему не нужна, а организация все равно терпит расходы на её защиту и контроль. Расходы тем больше, чем шире круг доступной информации для каждого сотрудника. Получается, кроме «минимизации привилегий» необходимо минимизировать общий объем информации, ограничившись предметной областью сотрудника/отдела.

Ключевые слова: информационная безопасность, информационные системы, стабильность информационной системы предприятия, категорирование информации.

Присвоение категорий безопасности информации и информационным системам производится на основе оценки расчетного ущерба, который может быть нанесен нарушениями безопасности. Подобные инциденты могут помешать организации в выполнении возложенной на нее миссии, скомпрометировать активы, поставить компанию в положение нарушителя действующего законодательства, создать угрозу повседневной деятельности, подвергнуть опасности персонал. Категории безопасности используются совместно с данными об уязвимостях и угрозах в процессе анализа рисков, которым подвержена организация [1].

Размер ущерба удобно оценивать по трехуровневой шкале как низкий, средний или высокий.

Потенциальный ущерб для организации оценивается как низкий, если потеря доступности, конфиденциальности и/или целостности оказывает ограниченное дестабилизирующее воздействие на деятельность организации, ее активы и персонал.

Категорировать необходимо и пользовательскую, и системную информацию, представленную как в электронной форме, так и в виде «твердой» копии. Открытая информация может не иметь категории конфиденциальности. Например, сведения, содержащиеся на общедоступном web-сервере организации, не имеют категории конфиденциальности, а их доступность и целостность оцениваются как средние. При категорировании информационной системы принимаются во внимание категории хранимой, обрабатываемой и передаваемой средствами ИС информации, а также ценность активов самой ИС, т.е. берется максимум категорий по всем видам информации и активов. Для получения интегральной оценки следует взять максимум категорий по основным аспектам информационной безопасности [1].

Разграничение доступа может быть физическим и логическим [2].

Физическое разграничение доступа подразумевает выделение определенных пространственных зон (территорий, помещений) и определение круга лиц, которым разрешен доступ в ту или иную зону. Однако на территории предприятия могут быть места, куда допускаются не все сотрудники предприятия. Например, в помещения первого отдела разрешен вход только сотрудникам этого отдела. Для ограничения доступа в такие помещения могут использоваться дополнительные посты охраны, специальные кодовые замки и другие технические устройства.

Однако чаще под разграничением доступа имеется в виду логическое управление доступом, т.е. комплекс аппаратно-программных средств, позволяющий специфицировать и контролировать действия, которые субъекты (пользователи и процессы) могут выполнять над объектами (информацией и другими компьютерными ресурсами) [2].

Логическое управление доступом – основной механизм многопользовательских систем, призванный обеспечить конфиденциальность и целостность объектов.

С формальной точки зрения задача управления доступом сводится к следующему. Пусть имеется совокупность субъектов (в дальнейшем для простоты под субъектами будем понимать только пользователей компьютера) и набор объектов (например, файлов на жёстком диске компьютера). Задача логического управления доступа состоит в том, чтобы для каждой пары «субъект – объект» определить множество допустимых операций (зависящее, может быть, от некоторых дополнительных условий) и контролировать выполнение установленного порядка [2].

Отношение «субъекты – объекты» можно представить в виде матрицы доступа, в строках которой перечислены субъекты, в столбцах – объекты, а в пересечении строк и столбцов записаны разрешённые виды доступа и дополнительные условия [2].

Например, матрица доступа может выглядеть следующим образом:

Пример матрицы доступа

Файл А	Файл В	Файл В	Линия связи	
Пользователь 1	Только чтение	Только чтение	Только чтение	Нет доступа
Пользователь 2	Только чтение	Чтение и запись	Чтение и запись	С 10:00 до 18:00
Пользователь 3	Полный доступ	Полный доступ	Полный доступ	Круглосуточно

Процесс регистрации выполняемых действий называется протоколированием. На основе анализа протоколов системы осуществляется аудит, т.е. проверка допустимости и корректности произошедших в системе событий [2].

Аудит позволяет выявить попытки несанкционированного доступа, отследить активность пользователей и является важной составной частью по предотвращению и расследованию случаев нарушения информационной безопасности.

Следует отметить, что для аудита может использоваться не только информация, специально регистрируемая средствами контроля доступа, но и вообще любые данные, так или иначе отражающие характер действий пользователя (дата и время создания файлов, дата и время регистрации в системе, информация в заголовках электронных писем).

Права и полномочия доступа. Права доступа определяют, какие действия субъект (пользователь) может выполнить с объектом. Набор возможных действий зависит от вида объекта. Само понятие объекта меняется от сервиса к сервису. Для операционной системы к объектам относятся файлы, папки, устройства и процессы.

Например, в ОС Windows существуют следующие права доступа к папкам:

- чтение (Read). Право на чтение автоматически устанавливается при открытии доступа к папке. Такое право позволяет просматривать имена файлов и папок в этой папке, просматривать данные о файле и его атрибуты; запускать программные файлы;
- изменение (Modify). Право на изменения включает в себя все права на чтение и, кроме того, позволяет добавлять файлы и другие папки, изменять данные в файлах и удалять файлы и другие папки;

- полный доступ (full control). Включает все права на чтение и изменение плюс право изменять права для файлов и папок NTFS (об NTFS см. далее).

Для принтера можно задать следующие права доступа:

- печать (Print) – можно подключаться к принтеру и рассматривать в нём документы. По умолчанию всем членам группы «Все» предоставляется право на печать;

- управление принтером (Manage Printers). Пользователь может распечатывать документы и обладает полным административным контролем над принтером. Он может приостановить работу принтера, перезагрузить его, изменить его настройки, уровни доступа к нему и права доступа;

- управление документами (Manage Documents). Пользователь может приостановить, возобновить, перезагрузить, отменить и перераспределить порядок документов, отправленных на печать остальными пользователями [2].

Применительно к процессам могут рассматриваться права на создание и уничтожение.

Современные операционные системы могут поддерживать и другие объекты.

Для систем управления реляционными базами данных объектам могут являться база данных, таблица, форма, процедура. Применительно к таблицам могут задаваться права на операции поиска, добавления, модификации и удаления данных. У других объектов другие виды доступа.

Разнообразие объектов и применяемых к ним операций приводит к тому, что управление доступом должно осуществляться на уровне каждого конкретного сервиса.

Удобной надстройкой над средствами логического управления доступом является ограничивающий интерфейс, когда пользователя лишают самой возможности попытаться совершить несанкционированные действия, включая в число видимых объектов только те, к которым он имеет доступ. Подобный подход обычно реализуют в рамках системы меню (пользователю показывают лишь допустимые варианты выбора) или посредством ограничивающих оболочек, таких как restricted shell в ОС Unix [2].

Группы пользователей. Как было отмечено выше, права доступа могут храниться в матрице доступа, где для каждого пользователя определено, к каким объектам он имеет доступ и каковы особенности этого доступа. Однако размер этой матрицы очень велик (определяется произведением числа пользователей на число объектов). Кроме того, часто многие пользователи должны иметь одинаковые права; а если права задаются для каждого пользователя, то для всех надо повторить одну и ту же процедуру установления прав.

Поэтому часто пользователей объединяют в группы. Права доступа к объектам устанавливаются всей группы. Кроме того, можно установить дополнительные права для отдельных пользователей.

Разрешения пользователя на доступ к объектам файловой системы работают по принципу дополнения (аддитивности). Это значит, что действующие разрешения, т.е. те разрешения, которые пользователь реально имеет в отношении конкретного каталога или файла, образуются из всех прямых и косвенных разрешений, назначенных пользователю для данного объекта с логической функцией ИЛИ. Например, если пользователь имеет прямо назначенное разрешение для каталога на чтение, а косвенно через членство в группе ему дано разрешение на запись, то в результате пользователь сможет читать информацию в файлах каталога и записывать в них данные.

Однако правило сложения разрешений с помощью логического ИЛИ не выполняется, когда пользователь имеет определённое разрешение, а группе в этом разрешении отказано (или наоборот). В этом случае отказ в разрешении имеет более высокий приоритет, чем предоставление разрешения, т.е. в результате пользователь не будет иметь разрешения [2].

Ролевое управление доступом. При большом количестве пользователей традиционные системы управления доступом становятся крайне сложными для администрирования. Необходимы решения в объектно-ориентировочном стиле, способные эту сложность понизить. Таким решением является ролевое управление доступом. Суть его в том, что между пользователями и их правами появляются промежуточные сущности (роли). Для каждого пользователя одновременно могут быть активными несколько ролей, каждая из которых даёт ему определённые права. С другой стороны, каждая роль может быть присвоена нескольким пользователям. Ролевой доступ развивается более 10 лет (сама идея ролей, разумеется, значительно старше) как на уровне операционных систем, так и в рамках СУБД и других сервисов. В частности, существует реализация ролевого доступа для Web-серверов.

В 2001 г. Национальный институт стандартов и технологий США предложил проект стандарта ролевого управления доступом (<http://csrc.nist.gov/rbac1>). Каждой роли приписываются определённые права доступа. Например, роли «сотрудник» приписываются права просмотра информации о продукции предприятия и распоряжений администрации; а роли «бухгалтер» приписываются, кроме того, права изменения информации о зарплате сотрудников. С другой стороны, каждому пользователю во время сеанса работы приписывается определённая роль (или несколько ролей). В соответствии с данной ролью пользователь и получает права доступа.

При ролевом управлении доступом должны соблюдаться принципы разделения обязанностей.

Статическое разделение обязанностей налагает ограничения на приписывание пользователей ролям. Например, если пользователь приписан роли «бухгалтер», то он не может быть приписан роли «менеджер».

Динамическое разделение обязанностей отличается от статического только тем, что рассматриваются роли, активные в течение одного сеанса пользователя. Например, один и тот же пользователь имеет право выступать и в роли «бухгалтер», и в роли «кассир», но не одновременно: чтобы стать «бухгалтером», он должен сначала закрыть кассу. Тем самым реализуется так называемое «временное ограничение доверия» [2].

Проблематичность разграничения доступа в организации. Разграничение доступа к информации – один из важнейших аспектов обеспечения информационной безопасности в любой компании. Но на практике организовать его так, как нужно, удаётся не всегда и не всем [3].

Единственное непереносимое условие успеха подобного начинания – это системный подход, отсутствием которого, к сожалению, страдают очень многие компании. Некоторые компании совершают ошибку – пропускают «ненужный» подготовительный этап категорирования и классификации информационных ресурсов, мотивируя подобный шаг тем, что на классификацию данных уходит слишком много времени.

После того как информация классифицирована, можно определить уровни доступа и группы пользователей, которые будут иметь право доступа к информации на соответствующих уровнях.

Далее важно всё это тщательно задокументировать, описать в виде раздела политики безопасности компании и должностных инструкций. Также необходимо определить того, кто должен отвечать за разграничение доступа и дальнейшую классификацию вновь появляющейся информации. Как правило, с последним проблем не возникает – эта роль естественным образом ложится на отдел информационной безопасности или в небольшой организации просто на сотрудника, который отвечает за обеспечение информационной безопасности в компании.

После того как подготовлены документы, можно приступать к выбору технических средств разграничения доступа к данным. Несмотря на то, что существует ряд специальных решений, не стоит забывать и о встроенных средствах операционных систем, СУБД и различных корпоративных программных продуктов, таких, к примеру, как CRM- или ERP-система. С помощью грамотной реализации разработанных политик разграничения доступа на уровне корпоративной информационной сети и отдельных ресурсов, входящих в неё, можно решить проблему, что называется, малой кровью, т. е. обойтись без заметных финансовых вложений непосредственно в средства разграничения доступа [3].

Немаловажную роль в обеспечении разграничения доступа играет контролирующее ПО, такое как DLP-системы. Контролируя информационные потоки внутри организации, DLP-система позволяет проследить, насколько эффективно реализуется в компании разработанная ею самой политика безопасности, причем это относится не только к разграничению доступа к данным, но и ко многим другим аспектам обеспечения информационной безопасности [3].

Литература

1. Галатенко В.А. Категорирование информации и информационных систем. Обеспечение базового уровня информационной безопасности. <http://www.iso27000.ru/chitalnyi-zai/upravlenie-informacionnoi-bezopasnostyu/kategorirovanie-informacii-i-informacionnyh-sistem-obespechenie-bazovogo-urovnya-informacionnoi-bezopasnosti> (дата обращения: 2.03.2014).
2. Кравченко Т.Н. Разграничение доступа как средство защиты. http://kravchenko-t-n.narod.ru/inf_bez/teor9_ib.htm (дата обращения: 2.02.2014).
3. Идов Р. Как в компании организовать разграничение доступа к информации. <http://www.pcweek.ru/security/article/detail.php?ID=152752> (дата обращения: 2.03.14).

УДК 004.055

КРОССПЛАТФОРМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

П.Ю. Найданов, А.А. Урасова, А.В. Фоменко

Рассматриваются проблема и решение взаимодействия клиентской части геоинформационной системы с различными платформами. Пользователь вынужден работать с несколькими версиями одной и той же системы на разных устройствах, как и разработчик ГИС вынужден создавать несколько версий со схожим функционалом. Каждая платформа имеет собственные особенности в пользовательском интерфейсе, устройствах ввода и вывода, сетевом взаимодействии. Предлагается использовать парадигму веб-ориентированности ПО.

Ключевые слова: ГИС, веб-ориентированность, кроссплатформенность.

Стремительное развитие технологий и отсутствие промышленного стандарта вычислительных систем и устройств привели к такой проблеме, как многоплатформенность. Это сказывается на работе всего программного обеспечения, но особенно это важно для пользователей геоинформационных систем. Работа в специализированных ГИС предполагает их использование не только на рабочем компьютере, но и на мобильных устройствах, различия между платформами которых довольно существенны [1]. Во время разработки системы программисту приходится создавать несколько версий под каждую ОС, что неудобно для пользователя нескольких устройств.

Решением данной проблемы специалисты занимаются не первый год. Одним из лучших решений является перевод системы на веб-интерфейс. Веб-ориентированные геоинформационные сервисы становятся очень востребованы в настоящее время [2]. Карты Google, Yandex, Mail.ru, 2GIS уже получили широкое распространение благодаря доступности на любой платформе.

Проект, представляемый авторами статьи, – WGS4 – веб-ориентированная геоинформационная система коммуникаций населенного пункта. Клиентская часть ГИС представляет собой web-сайт, что даёт возможность иметь к ней доступ даже с мобильных устройств. Благодаря использованным технологиям разработки (MapGuide, JavaScript, Dojo) [3], работа с картой и базой данных возможна на любом устройстве, имеющем доступ к сети Интернет и браузерное ПО. MapGuide Open Source – веб-ориентированная платформа, позволяющая пользователям быстро разрабатывать и развертывать картографические web-приложения и геоинформационные сервисы, обеспечивает быстрдействие работы с картографией и поддержку мобильных touch-жестов. Свободная модульная библиотека JavaScript Dojo обеспечивает современный и удобный интерфейс всей системы. Взаимодействие всех элементов системы и связь с сервером организованы при помощи JavaScript. Пользователь при помощи любого устройства с поддержкой браузера выполняет работу в едином web-ГИС клиенте (рис. 1).

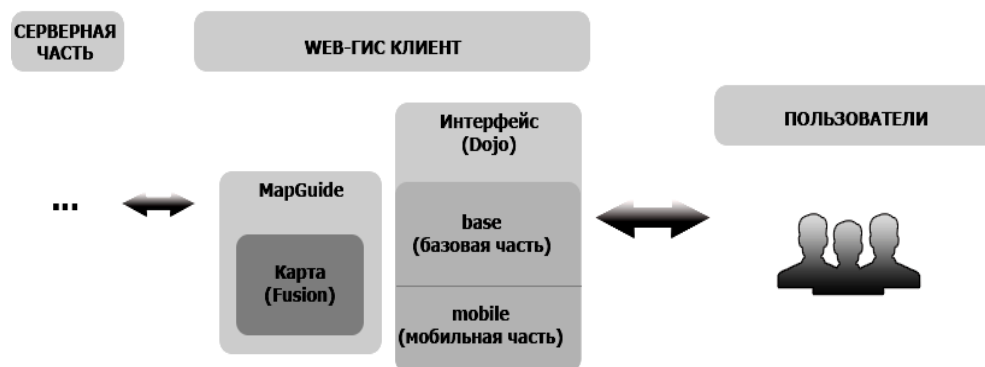


Рис. 1. Архитектура клиентской части web-ГИС

В результате рассматриваемая система становится адаптирована под практически все популярные платформы, сохраняет полный функционал традиционной ГИС и неизменный пользовательский интерфейс вне зависимости от используемого устройства, а также может быть доступна из любого места. В возможности WGS4 входит:

- планирование регламентных работ и текущего обслуживания объектов;
- предоставление пространственных данных при проектных согласованиях;

- создание и ведение таблиц наблюдений и отчетов, хранение пространственно-временных данных;
- представление информации об объектах.

Как показывает практика, веб-ориентированная геоинформационная система решает проблему различий между устройствами, и поэтому имеет преимущество перед большим числом версий для каждой отдельной платформы. Для работы такой системы нет необходимости устанавливать дистрибутив на устройство и скачивать обновления. Пользователь может зайти на сайт системы и немедленно приступить к использованию ПО, что повышает эффективность работы системы и пользователя.

Литература

1. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС: учеб. пособие. 2-е изд. испр. и доп. М.: ООО «Библион», 1997. 160 с.
2. Шайтура С.В. Геоинформационные системы и методы их создания. Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 1997. 253 с.
3. Академия САПР и ГИС [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.codecademy.com>, свободный (дата обращения: 05.09.2014).

УДК 300.35

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ WGS3 ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ЕЕ ВНЕДРЕНИЯ В ОТРАСЛЬ ГЕОДЕЗИИ

А.И. Назарова

Предложена стратегия продвижения имеющейся геоинформационной системы WGS3, основанная на модернизации функционала системы в соответствии с ведущими требованиями предметной области «Геодезия». Изучен рынок потенциальных конкурентов, на основе чего выявлены функции, добавление которых в систему повлечет за собой рост коммерческой выгоды от проекта.

Ключевые слова: продвижение программного продукта, составление функциональных моделей, анализ конкурентов, выявление конкурентоспособных функций.

Организованное функционирование большинства крупных предприятий, собственно как и жизнь современного человека, в настоящее время трудно представить без геоинформационных систем. Само понятие геоинформационных систем являет собой информационно-справочные системы, предназначенные для сбора, хранения, анализа и визуализации пространственных данных вместе с предоставляемыми сведениями о ГИС-объектах [1].

В связи с повышенной заинтересованностью общественности в ГИС-технологиях была создана web-ориентированная ГИС WGS3, представляющая собой готовое решение для формирования и мониторинга объектов электронного генерального плана, ориентированная на инженерную инфраструктуру.

За счет инженерной направленности WGS3 спрос на продукцию со стороны предприятий, представляющих иные сферы деятельности, существенно снижается и, как следствие, наблюдается падение потенциальной коммерческой выгоды от созданного проекта. Предполагаемым обоснованием установленной тен-

денции можно трактовать узкую направленность системы на инженерную инфраструктуру и сформированный в соответствии с ней функциональный набор.

Ввиду того, что сервис-ориентированная архитектура системы WGS3 обладает возможностью наращивать имеющийся функционал, вопрос о возможной модификации системы, добавлении новых методов и средств анализа для дальнейшего внедрения системы в другие предметные области стал особо актуальным.

В качестве наиболее рентабельной предметной области, с точки зрения количества занятых в ней предприятий, а также требуемых функций, предположительно базирующихся на уже имеющемся функционале, была рассмотрена геодезия. Значимость внедрения системы в данную сферу можно мотивировать острой необходимостью в измерениях положений объектов на местности, определении конфигураций и размеров земных точек и проведении вычислительных работ для строительства [2–3].

Основываясь на анализе потенциальных конкурирующих систем, таких как «Карта–2011» были выявлены следующие крупные функции, решающие задачу автоматизации геодезических вычислений: импорт информации с геодезического прибора, обработка текстовых файлов, занесение информации на карту, уравнивание измерений методом наименьших квадратов [4].

Поскольку каждая функция являет собой совокупность последовательных действий, для наглядного представления функции была построена функциональная модель по методологии IDEF-0. На первом уровне функциональной модели отражены основные функции, необходимые для внедрения системы в предметную область «Геодезия», механизмы достижения этих функций, элементы управления, входные и выходные данные (рис. 1).

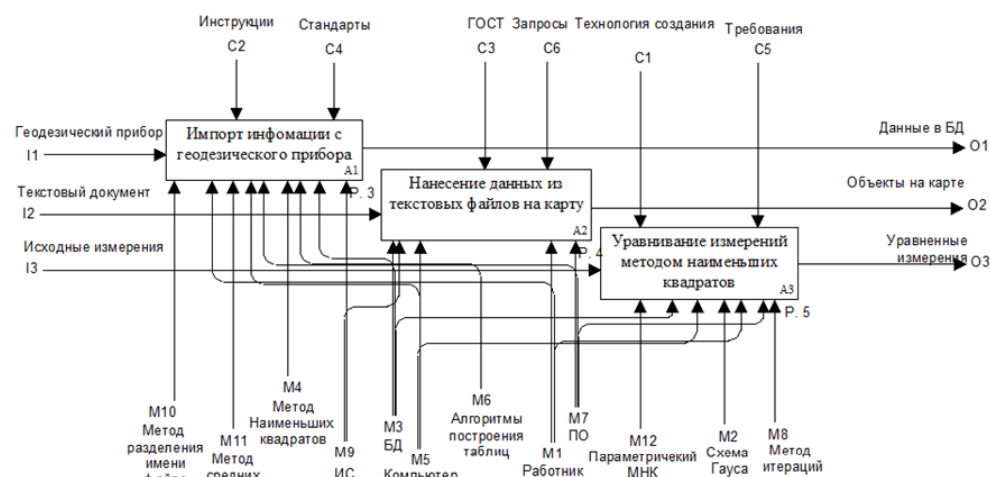


Рис. 1. Набор необходимых функций, механизмов, элементов управления, входных и выходных данных для предметной области «Геодезия»

На втором уровне функциональной модели можно увидеть более детальное отображение принципа работы выбранных функций. Так, для выполнения функции «Импорт информации с геодезического прибора» возникает необходимость последовательно выполнить следующие действия: считать информационные строки, определить конфигурацию, уравнивать и визуализировать схему измерений и преобразовать данные во внутренний формат (рис. 2).

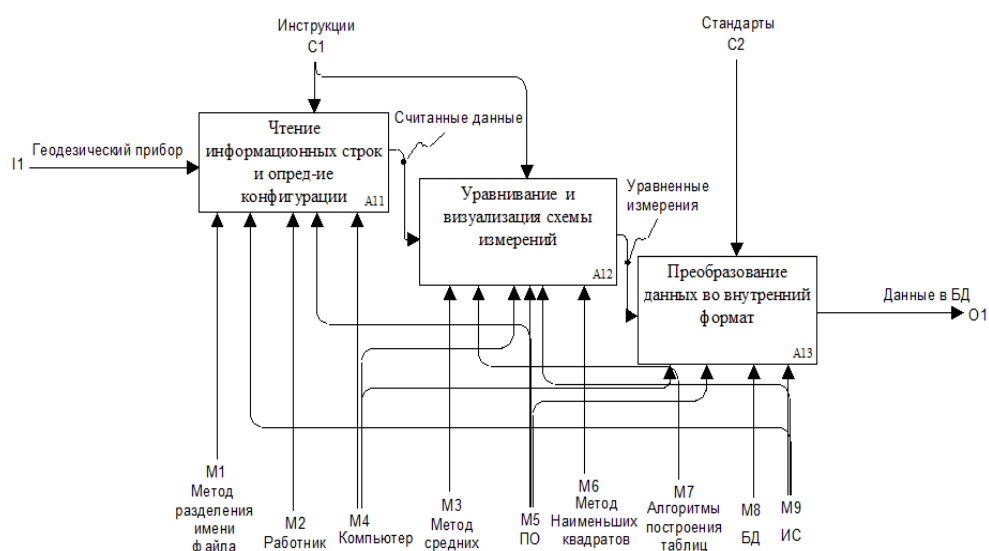


Рис. 2. Набор необходимых механизмов, элементов управления, входных и выходных данных для выполнения функции «Импорт информации с геодезического прибора»

Для выполнения функции «Нанесение данных из текстовых файлов на карту» возникает необходимость последовательно выполнить следующие действия: получить данные из текстовых файлов, упорядочить кодированные данные, записать данные в базу данных, нанести объекты на карту (рис. 3).

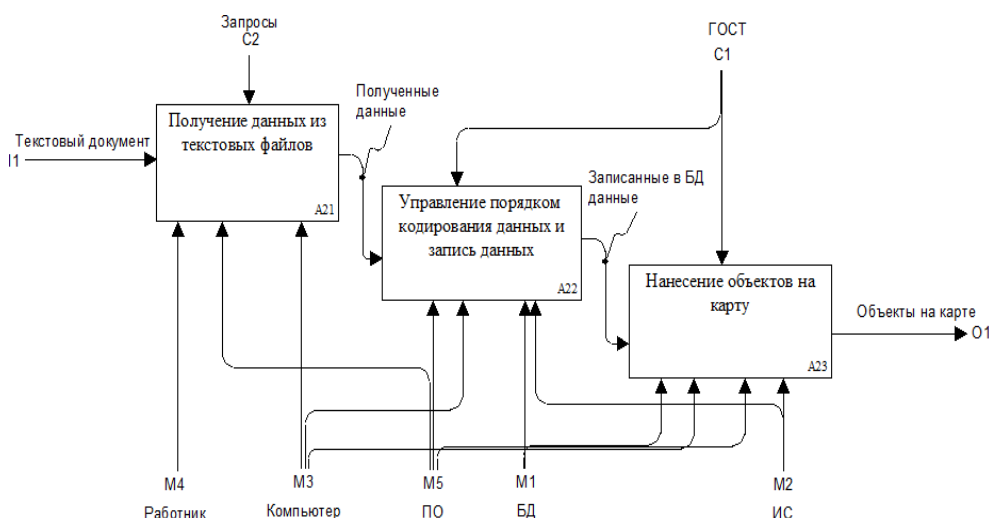


Рис. 3. Набор необходимых функций, механизмов, элементов управления, входных и выходных данных для выполнения функции «Нанесение данных из текстовых файлов на карту»

Для выполнения функции «Уравнивание измерений методом наименьших квадратов» возникает необходимость последовательно выполнить следующие действия: определить надежные значения величин, найти оценочные параметры, составить матрицу поправок, решить уравнение, определить поправки к измерениям, оценить точность (рис. 4).

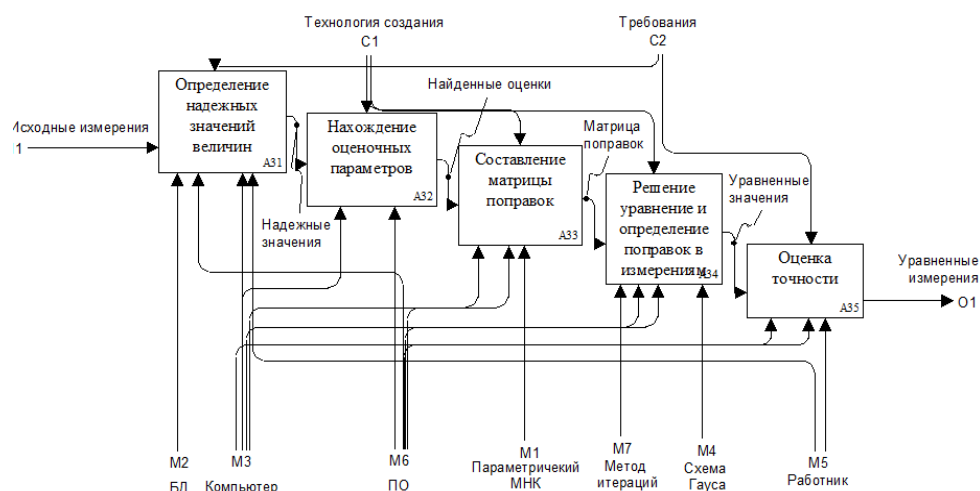


Рис. 4. Набор необходимых функций, механизмов, элементов управления, входных и выходных данных для выполнения функции «Уравнивание измерений методом наименьших квадратов»

Заключение. Внедрение выявленных функций в геодезическую сферу может значительно автоматизировать труд работников в области геодезии, а также существенно увеличить коммерческую выгоду от системы WGS3. Новый набор функций станет основополагающим фактором в быстром решении следующих задач: обработка топографических и географических данных, нанесение объектов на карту, формирование автоматизированного комплекса геодезических вычислений, ведение кадастрового учета. Построенные функциональные модели станут первым звеном в цепи разработки улучшенной системы для геодезии и действенной помощью для разработчиков.

Литература

1. Что такое ГИС? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.infodesigner.ru/pages/main/about/products/gis/index.shtml>, свободный (дата обращения: 01.09.2014).
2. ГИС и геодезия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://k-g-t.ru/index.php/geodezija/>, свободный (дата обращения: 02.09.2014).
3. Применение ГИС в геодезических работах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.as-dv.ru/publications/46>, свободный (дата обращения: 02.09.2014).
4. Геодезия и ее функции [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gisinfo.ru/geodesy/geodesy.htm>, свободный (дата обращения: 03.09.2014).

УДК 005.5

ЭФФЕКТИВНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

С.Ю. Дорофеев, С.Е. Кошевой, И.А. Новосельцев, Е.В. Воднев

Рассматривается новый подход к управлению проектами, основанный на интеграции системы планирования и систем электронного документооборота, рассматриваются преимущества подобного подхода и пример реализации Rubius Project Manager.

Ключевые слова: система электронного документооборота, управление проектом, диаграмма Ганта, Rubius Project Manager.

Общая эффективность деятельности проектных предприятий напрямую зависит от эффективности выполнения каждого из проектов. К сожалению, сегодня ситуация в сфере управления проектами не вселяет оптимизма.

По данным исследований компании IPA (Independent Project Analysis) [1], в базу данных которой включено более 1200 нефтегазовых проектов, успешными с точки зрения соблюдения временных и бюджетных показателей можно считать лишь 22% всех проектов. У остальных 78% проектов среднее превышение бюджета составляет 33%, а сроки увеличиваются на 30%. В результате предприятия несут многомиллионные убытки, теряя репутацию и доверие своих партнеров.

Эта ситуация обусловлена тем, что выполнение проекта – задача нетривиальная и зависит от большого числа факторов: неопределенности сроков и требований, неточности оценок, взаимной зависимости работ, большого числа рисков и др.

Этап планирования занимает лишь пятую часть от объема всех работ, а разработанный план, как правило, устаревает практически сразу же после его утверждения. С созданием плана работа не заканчивается, а только начинается – план необходимо постоянно актуализировать, следить за ходом исполнения и оперативно перераспределять задачи при каждом досрочном или просроченном выполнении отдельных задач и срабатывании рисков.

Для того чтобы главному инженеру проекта (ГИП) получить актуальную информацию о ходе проекта, необходимо обойти каждого участника, собрав информацию о результатах реализации отдельных задач и сопоставив ее первоначальному плану. Ситуация осложняется тем, что на это требуется много времени, особенно если над проектом работает более 10 исполнителей и они не всегда присутствуют на рабочем месте. В результате ГИП не имеет актуальной информации о состоянии проекта и вынужден принимать решения, основанные не на объективных данных, а на субъективных предположениях, проще говоря, наугад.

Исходя из вышесказанного, не следует рассчитывать на существенный прирост эффективности, точно внедрив лишь средство планирования (например, MS Project и аналоги). «Классические методологии» хорошо работают в книгах, но не в реальных проектах, выполняемых на реальных предприятиях.

Сегодня можно с уверенностью сказать, что предприятия, не внедрившие СЭД, теряют конкурентоспособность на рынке вследствие высоких организационных издержек. С другой стороны, предприятия, успешно внедрившие СЭД и ощутившие экономический эффект, стремятся автоматизировать новые области их деятельности. Для этого зачастую приобретается разнородное программное обеспечение и затем предпринимаются часто неуспешные попытки увязать его в единую систему.

Поэтому когда возникла задача автоматизировать деятельность по управлению проектами, было решено отказаться от сторонних громоздких систем, а создать программный продукт, органично встраиваемый в СЭД и максимально использующий ее функции.

Суть идеи проста. СЭД собирает в одном месте всю информацию о проектной деятельности предприятия: проекты, сотрудники, отделы и должности, исходные данные, проектная документация, задания, переписка и многое другое. При этом выполнение запланированного проекта тем успешнее, чем более полна и актуальна информация о проекте и ходе его выполнения: статус выполнения заданий по проекту, сроки по договору, технические требования, загруженность сотрудников в выполнении работ, переписка с заказчиком, этапы согласования конечных документов и т.д. Эти данные позволяют принимать оперативные ре-

шения, разрешать риски, корректировать планы работ. Так почему бы тогда не совместить эти функции?

Несмотря на простоту идеи, такой подход дает множество преимуществ по сравнению со стандартными подходами «раздельного» существования, и он был реализован в Rubius Project Manager (RPM) [2].

Рассмотрим преимущества тесной интеграции систем планирования и СЭД в виде описания типового процесса работы в RPM.

Преимущества начинаются уже с конфигурирования. Не требуется разворачивать и конфигурировать новые базы данных на сервере, все данные хранятся в базе данных СЭД. В базу ресурсов не требуется трудоемко вносить список работников всего предприятия, а также его организационную структуру и распределять роли и права. Все эти данные автоматически получаются из СЭД, можно сразу же приступить к непосредственному планированию.

RPM вызывается одной кнопкой и является встроенным модулем непосредственно в привычное окно работы с СЭД. Следует отметить, что модуль грузится и работает быстро даже на старых компьютерах, т.е. не требует технического переоснащения на предприятии.

Для начала работы ГИП выполняет укрупненное планирование проекта: определяет календарные сроки этапов проекта и назначает ответственных за их исполнение. Детализацию непосредственно этапов проекта могут выполнять начальники отделов. В RPM реализована функция коллективной работы, которая позволяет всем начальникам отделов планировать работы по одному и тому же проекту одновременно. Эта функция критически важна для крупных предприятий, работающих над масштабными, долгосрочными проектами.

Благодаря системе обнаружения и разрешения конфликтов работа может вестись как над одним планом, так и над множеством параллельно идущих планов, часть из которых может пересекаться по времени и загруженности ресурсов. В случае обнаружения конфликта ресурсов между проектами или увеличения фактических сроков выполнения (просрочки) система автоматически уведомит пользователя о необходимости принятия оперативного вмешательства.

Далее начальники отделов разбивают этапы проекта на элементарные задачи, прикладывают исходные данные (файлы) для выполнения задания, определяют исполнителей из списка сотрудников своего отдела. После завершения этапа планирования план запускается на исполнение.

Важно отметить, что внедрение RPM не влечет никаких изменений для исполнителей задач, вся работа происходит в привычной среде СЭД: все участники задачи получают уведомления, передаются необходимые документы, возможна переписка и отправка задач на доработку для устранения замечаний руководителя. То есть задачи выдаются, обрабатываются и принимаются стандартными и привычными механизмами СЭД. При этом RPM автоматически обновляет состояния задач и отображает их на диаграмме Ганта, календарях и отчетах RPM. То есть без каких-либо усилий со стороны ГИПа или начальников отдела, даже не вставая с рабочих мест, они всегда получают актуальную информацию по проекту и в состоянии оценивать риски и принимать объективные своевременные решения. Это, наверное, главное преимущество RPM – полностью автоматическая актуализация плана на основе данных СЭД.

Таким образом, именно комплексное внедрение СЭД и RPM позволяет за один шаг автоматизировать значительную часть внутренних процессов проектного предприятия.

Рассмотрим также список преимуществ непосредственно реализации системы RPM.

В основном окне отображаются сразу структурный, сетевой и календарный графики, а также панель ресурсов. Подобное представление позволяет работать с различными аспектами плана, при этом имея всю картину перед глазами, что очень удобно. При желании (или отсутствии достаточного места на мониторе) вид можно гибко перенастроить или отключить панели с видами графиков или ресурсов.

RPM реализует все необходимые функции структурного, сетевого и календарного планирования. При этом поддерживается методология как нисходящего, так и восходящего планирования. Нисходящее планирование реализовано в виде возможности декомпозиции работ (в том числе, как уже было сказано, в режиме коллективного редактирования), а восходящее планирование реализовано в виде поддержки «шаблонов» – типовых планов (или частей плана) с уже заданными ресурсами, длительностью и т.п. Это не только позволяет значительно ускорить планирование типовых процессов компании, но и накапливать экспертную аналитику в компании.

Каждому ресурсу системы может быть назначен свой собственный календарь, в котором учтены отпуска, больничные, отгулы и другие изменения рабочего графика, которые способны повлиять на срок выполнения задания. Это не только задается в удобном виде, но и отображается на графике, в результате, начальник отдела всегда знает, насколько и на каких задачах задействованы его сотрудники и степень их загрузки.

Более того, так как поддерживается параллельное планирование проектов в рамках всего предприятия с использованием единой ресурсной базы, менеджмент предприятия может четко отслеживать эффективность деятельности всего предприятия, отделов и отдельных групп.

Для оценки эффективности предусмотрены функции план-фактного анализа (позволяет накапливать экспертизу, оптимизировать процессы, вычислять и закладывать необходимые коэффициенты в бюджеты похожих работ), автоматический расчет стоимости и множество аналитических отчетов.

Эффективность предложенного подхода также подтверждает апробация со стороны рынка. В число пользователей входят более 20 проектных организаций СНГ и Европы (сотни рабочих мест), в том числе: «БУГРАГСНЕФТЕПРОДУКТ» (ЛУКОЙЛ, Болгария), «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», «Завод минеральных удобрений КЧХК» и др. Особенно хочется отметить и поблагодарить «БУРГАСНЕФТЕПРОДУКТ» за активное участие в совершенствовании методологии для того, чтобы она максимально эффективно решала практические задачи предприятия.

Реализованный подход можно использовать как на малых предприятиях (десятки человек), так и в больших проектных институтах (тысячи человек) и вести множества параллельных проектов одновременно. RPM обеспечивает взаимодействие проектировщиков организации, а также субподрядчиков, работающих удаленно. При этом RPM устанавливается только на тех рабочих местах, где ведется планирование и управление проектом, что снижает размер инвестиций на внедрение и эксплуатацию.

RPM является отечественной разработкой, что особенно актуально в свете тенденции к импортозамещению программного обеспечения в России и отказа

ряда западных компаний от продажи программного обеспечения российским предприятиям.

Таким образом, тесная интеграция системы планирования с СЭД позволяет органично внедрить эффективный процесс управления проектами на предприятии без существенных организационных затрат и всегда обладать актуальной информацией о выполняемых проектах.

Литература

1. Merrow E.W. Oil and Gas Industry Megaprojects: Our Recent Track Record // Oil and Gas Facilities. 2012. April. С. 38–42.
2. Савицкая Е.В. Новинки ЛОЦМАН: ПГС. Держим курс на планирование // Журнал «САПР и Графика». 2012. № 4 (47). С. 60–64.

УДК 004.942

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ БЛОКИРОВКИ ПУТЕЙ ЭВАКУАЦИИ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ CUDA

В.С. Тараканов, А.М. Данченко, Ю.Б. Гриценко

Описана необходимость расчета времени распространения опасных факторов пожара. Дано понятие о распараллеливании процессов вычисления и применении к интегральной модели распространения ОФП. Описана реализация интегральной модели с помощью технологии CUDA.

Ключевые слова: пожарная безопасность, время блокировки путей эвакуации, интегральная модель распространения опасных факторов пожара, распараллеливание вычислений, вычисления на графическом процессоре, технология CUDA.

Опасные факторы пожара (ОФП) – факторы пожара, приводящие к травме, отравлению или гибели человека, а также к материальному ущербу. К опасным факторам пожара относятся: повышенная температура, тепловой поток, потеря видимости, пониженное содержание кислорода, повышенная концентрация токсичных продуктов горения [1].

Влияние опасных факторов пожара необходимо учитывать при разработке конфигурации системы пожарной безопасности для промышленных объектов и общественных зданий, поскольку именно они приводят к гибели людей, а также деформации строительных конструкций.

Превышение критического значения любым опасным фактором пожара на каком-либо отрезке эвакуационного пути, по которому еще предстоит передвигаться людям, означает, что данный эвакуационный путь заблокирован. От значения времени блокировки путей эвакуации зависит, достаточно ли времени для эвакуации людей из здания. По времени эвакуации и времени блокировки путей эвакуации определяется индивидуальный пожарный риск [2].

Согласно Приказу МЧС России № 382 для расчета времени блокировки путей эвакуации существуют 3 методики: интегральная, зональная и полевая модель распространения ОФП [3]. Для изучения характеристик пожара и распространения ОФП была выбрана интегральная модель, описывающая в самом общем виде процесс изменения во времени состояния газовой среды в помещении [4].

Распараллеливание процессов вычисления. Процесс вычисления на одном компьютере можно распараллелить двумя путями – на центральном процессоре (CPU), используя несколько его ядер, и на графическом процессоре (GPU).

Главные различия в архитектуре GPU и CPU: CPU состоит из ядер, созданных для исполнения одного потока последовательных инструкций с максимальной производительностью, а в GPU изначально заложено быстрое исполнение большого числа параллельно выполняемых потоков инструкций. Благодаря представленному в GPU распараллеливанию расчетов на сотни исполнительных блоков GPU широко используется в неграфических вычислениях.

Исходя из того, что распространение ОФП в интегральной модели для каждого помещения рассчитывается отдельно, можно сказать, что расчет можно провести параллельно, т.е. рассчитывать распространение ОФП для каждой комнаты в отдельном потоке. Соответственно следует предположить, что расчеты необходимо проводить с помощью GPU для минимизации временных затрат [5].

Для работы с GPU авторами статьи используется технология CUDA, одинаково приспособленная как для вычислений общего назначения (неграфических), так и для обработки графики [5]. На базе архитектуры CUDA построены все NVIDIA GPU (графические процессоры компании NVIDIA). Архитектура CUDA была выпущена в 2006 г. и содержала следующие отличия от предыдущих поколений GPU [5]:

- унифицированный шейдерный конвейер (вместо вершинных и пиксельных шейдеров), позволяющий программе, выполняющей вычисления любого назначения, задействовать любое арифметическо-логическое устройство, входящее в микросхему;

- разделяемая память – произвольный доступ к памяти для чтения и записи, а также доступ к программно-управляемому кэшу.

Реализация интегральной модели на технологии CUDA. Программная реализация системы по расчету пожарных рисков в общественных зданиях выполняется на языке программирования C#. Так как для языка C# не существует официальной привязки языка CUDA, интегральная модель была реализована в виде dll-библиотеки на языке CUDA C.

С помощью импорта библиотеки DllImport методы из dll-библиотеки были импортированы в статический класс на C#. В dll-библиотеке были реализованы и экспортированы следующие функции:

- bool HasCudaGPU();
- double CalcOfp(VarCharacteristic*, ConstCharacteristic*, uint roomCount, DoorCharacteristic*, uint doorCount, Adjacency*, double dt).

HasCudaGPU используется для того, чтобы определить, установлено ли на материнской плате компьютера подходящее устройство GPU. При отсутствии подходящего устройства GPU вызывается алгоритм расчета ОФП, реализованный на языке C# и выполняющийся на CPU.

Если подходящее устройство GPU присутствует в системе, то вызывается метод dll CalcOfp, принимающий в качестве параметра VarCharacteristic* указатель на переменные характеристики помещения, изначально инициализированные в соответствии с типом помещения, настройками расчета, а так же условиями окружающей среды. Также в метод передается ConstCharacteristic* – указатель на неизменяемые параметры помещений, roomCount – количество помещений, DoorCharacteristic* – неизменяемые параметры дверей, doorCount – количество дверей, Adjacency* – список смежности помещений с указанием на дверь, с помощью которой помещения связаны, и dt – время одного шага моделирования.

Внутри реализации метода переданные параметры размещаются в памяти GPU, причем переменные характеристики помещения размещаются в текстурной

памяти с использованием двойной буферизации. Двойная буферизация для переменных характеристик обоснована тем, что на каждом шаге необходимо параллельно производить расчет значений следующего шага для всех помещений, а при расчете могут использоваться значения переменных характеристик смежных комнат. После каждого шага моделирования указатели на буфер меняются местами, и расчет производится уже по новым значениям.

Неизменяемые параметры помещений и неизменяемые параметры дверей размещаются в константной памяти, что позволит GPU для каждого потока закешировать значения и уменьшить количество обращений к памяти.

После размещения исходных данных в памяти GPU происходит циклический вызов функции расчета распространения ОФП, реализованный на языке CUDA C. В ней рассчитываются газообмен, скорость выгорания, материальный баланс пожара, баланс отдельных компонентов горения, уравнение сохранения энергии, оптическая плотность дыма, уравнение Менделеева-Клапейрона. Эти расчеты запускаются на N параллельных экземплярах ядра, где N – количество помещений для расчета. Функция расчета запускается столько раз, сколько шагов с временем dt понадобится, чтобы любой из опасных факторов пожара превысил критическое значение на всех эвакуационных выходах. Метод возвращает вызвавшему его коду значение $C \times dt$ – время блокировки эвакуационных путей.

Заключение. Благодаря возможности интегральной модели развития ОФП распараллелить вычисления для каждой комнаты отдельно, оптимальным способом расчета является расчет на графическом процессоре, так как современные графические процессоры рассчитаны для проведения больших неграфических вычислений в несколько потоков. Используемая технология CUDA в настоящее время является наиболее современным инструментом для проведения вычислений на GPU.

Литература

1. 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.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 11.09.14).
2. Гриценко Ю.Б. Использование сетей Петри для оценки времени эвакуации людей в зданиях и сооружениях при возникновении пожара. Алгоритм / Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский, О.Г. Загальский // Доклады ТУСУРа. 2010. № 1 (21), ч. 2. С. 213–218.
3. 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 // Доклады ТУСУРа. 2014. № 1 (31). С. 167–171.
4. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.
5. Сандерс Дж. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров / Дж. Сандерс, Э. Кэндрот. М.: ДМК Пресс, 2013. 232 с.

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ НА ARDUINO ДЛЯ ЦЕНТРА
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА СТУДЕНТОВ**

А.С. Бугаев

Целью настоящей работы было создание и исследование эффективных методических указаний для обучения студентов и школьников практическим навыкам работы с платформой Arduino.

Ключевые слова: программирование, лабораторные работы, платформа Arduino, центр молодежного инновационного творчества.

В настоящее время актуальной задачей является систематизация и автоматизация процесса очного обучения техническим дисциплинам. Это связано с необходимостью унификации многообразных используемых в процессе подготовки специалистов технического профиля технических и программных средств. Актуальность проекта обусловлена необходимостью частичной или полной автоматизации процесса обучения студентов высших и средних специальных учебных заведений техническим дисциплинам, а также в унификации и систематизации дидактического материала, лабораторного оборудования и программных средств.

Что такое ЦМИТ? ЦМИТ – Центр молодежного инновационного творчества – это открытая лаборатория, которая не имеет узкой или научной специализации и коммерческой направленности. Центр представляет собой зону свободного доступа, где молодежь может реализовывать свои технические идеи, обучаться и обмениваться опытом. Основой для создания ЦМИТ послужила модель FabLab – Fabrication Laboratory, «производственная лаборатория», впервые разработанная Нилом Гершенфельдом – Centre for Bits and Atoms (CBA) в MIT (США). В ЦМИТ можно решать следующие задачи:

- прототипирование – создание прототипов (3D-печать, фрезеровка, лазерная резка, обработка и т.д.);
- компьютерное моделирование (CAD, CAM);
- электроника (создание печатных плат, пайка, Arduino, микроконтроллеры, датчики и т.д.);
- промышленный дизайн.

ЦМИТ оснащен сравнительно недорогим и простым в использовании оборудованием. Это позволяет работать на нем без прохождения специального длительного обучения.

На базе ЦМИТ проходит обучение в Школе цифровых технологий (ШЦТ) для детей 14–17 лет. Занятия платные, по два часа два раза в неделю. С детьми занимаются преподаватели томских вузов. Программа обучения составлена так, что, пройдя её, школьник сможет сам создать своего робота. После успешного обучения по программе ШЦТ школьник переходит к индивидуальной или командной проектной работе.

Для приобретения в рамках ЦМИТ «Кибер» навыков работы с управляемыми объектами школьникам предлагается выполнить ряд лабораторных работ, на-

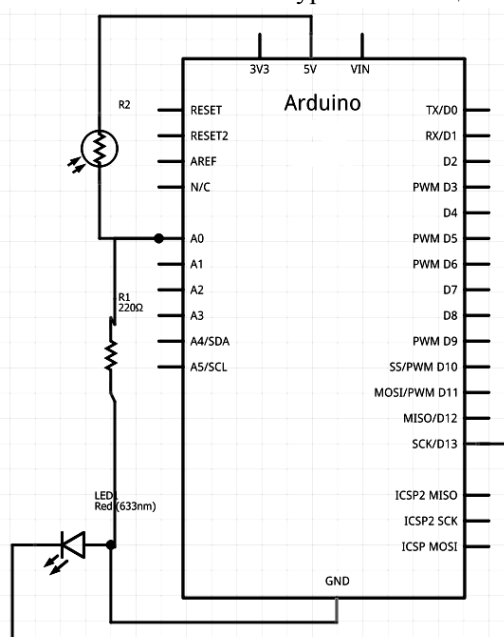
правленных на проектирование и конструирование кибермоделей мобильных устройств [1].

Лабораторные работы

Serial – соединение. Студенту дается листинг программы с описанием программы, которая посылала бы один символ на Arduino и получала его обратно. Далее – самостоятельно выполнить передачу данных в десятичной системе счисления, побитовую передачу данных. Эта лабораторная работа показывает, как функция Serial служит для связи устройства Arduino с компьютером или другими устройствами, поддерживающими последовательный интерфейс обмена данными.

Ночник. Для следующего проекта используется фоторезистор, на базе которого реализуется ночник для спальни. Он будет автоматически включаться, когда темно, и выключаться, когда становится светло.

Сопротивление фоторезистора зависит от света, попадающего на него. Используя фоторезистор в связке с обычным резистором 4,7 кОм, получается делитель напряжения, в котором напряжение, проходящее через фоторезистор, изменяется в зависимости от уровня освещенности.



Напряжение с делителя подается на вход АЦП Arduino. Там полученное значение сравнивается с определенным порогом и включается или выключается светильник.

Принципиальная схема показана ниже на рис. 1. Когда освещенность увеличивается, сопротивление фоторезистора падает и соответственно на выходе делителя (и входе АЦП) напряжение увеличивается. Когда освещенность падает, все наоборот.

Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной работы «Ночник»

Задание для студента заключается в варьировании чувствительности фоторезистора.

Бегущий огонь. В данной лабораторной работе студент будет работать со светодиодами. Нужно будет собрать схему (рис. 2) и написать код программы. Светодиоды должны по очереди загораться и гаснуть, образуя, таким образом, эффект бегущего огонька. В дальнейшем студент научится управлению задержкой светодиода; управлению интенсивностью светодиода. Задание: управление задержкой светодиода; управление интенсивностью светодиода.

Управление сервоприводом. В данной лабораторной работе студент будет работать с сервоприводом. Нужно будет собрать схему (рис. 3) и написать код программы для реализации работы сервопривода, так чтобы лопасти двигались в разные стороны с определённым интервалом времени.

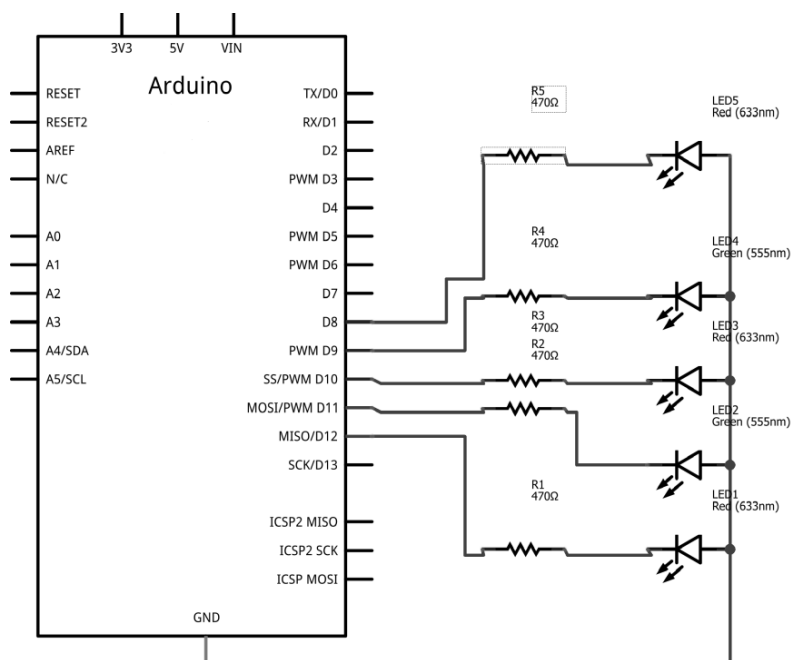


Рис. 2. Принципиальная схема лабораторной работы «Бегущий огонь»

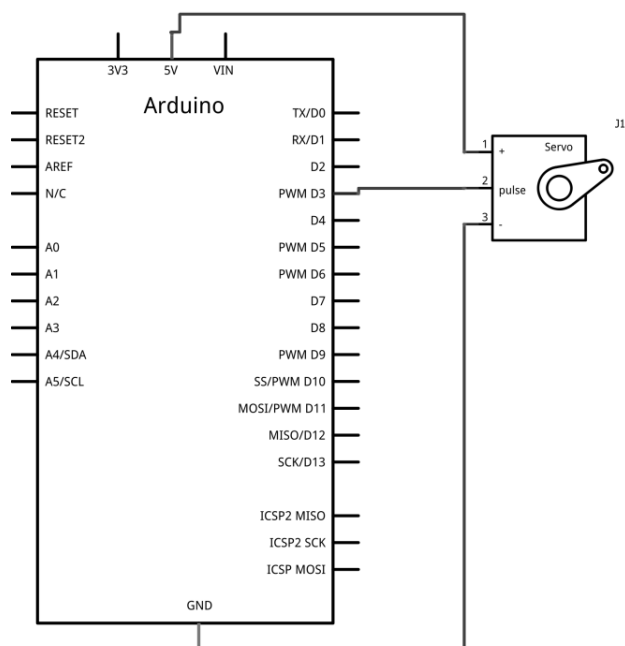


Рис. 3. Принципиальная схема лабораторной работы «Управление сервоприводом»

Заключение. Arduino является наиболее удобным для использования в учебных и научно-технических целях. Задачи Arduino огромны и предполагают создание автономных интерактивных объектов также для подключения их к программному обеспечению. Возможно его использование во всех областях элек-

троники, где требуется управление системой по заданному алгоритму с возможностью реагирования на внешние сигналы. Также он может применяться для измерения физических величин совместно с датчиками.

На данный момент представленный комплект лабораторных работ разработан для Центра научно-технического творчества студентов «Кибер» и отражает все возможности платы, которые в дальнейшем пригодятся в производстве и настройке различной аппаратуры.

Литература

1. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Ганджа В.В., Харьковская Я.А. Проектирование и конструирование кибермоделей мобильных устройств: учеб. пособие для центров молодежного инновационного прототипирования. Томск: В-Спектр, 2013. 220 с.
2. Лачуга Ю.Ф., Шаршунов В.А. Инновационное творчество – основа научно-технического прогресса. М.: Колосс, 2011. 456 с.

УДК 004.942

УНИВЕРСАЛЬНОЕ ЗВЕНО САУ С ДИСКРЕТНОЙ НАСТРОЙКОЙ НА ЗАДАННЫЙ ТИП

Т.В. Ганджа

Рассматривается структура универсального звена САУ, реализованного на пассивных элементах электрических цепей и оснащенного ключами для целей автоматической дискретной настройки на заданный тип конкретного типового звена. Оно позволяет в оперативном режиме исследовать типовые звенья систем автоматического управления на основе построения их частотных и временных характеристик. Для реализации универсального звена САУ используется многоуровневая компьютерная модель виртуальных инструментов и приборов, основанная на универсальном методе компонентных цепей.

Ключевые слова: типовые звенья систем автоматического управления, дискретная настройка, многоуровневая компьютерная модель, временные и частотные характеристики.

Основой изучения и исследования динамических объектов в теории автоматического управления [1] является описание с помощью типовых алгебродифференциальных уравнений, каждому из которых ставится в соответствие определенное звено. Каждое из них может быть представлено в виде электрической цепи, сформированной из пассивных элементов. При проведении лекционных занятий и лабораторных работ важным является оперативное построение временных или частотных характеристик звеньев с целью их демонстрации и исследования. Для этих целей в данной работе предложена структура универсального звена САУ, из которого путем коммутации соответствующих ключей может быть получено соответствующее типовое звено САУ.

Структура типового звена систем автоматического управления. Для целей исследования временных и частотных характеристик типовых звеньев систем автоматического управления в рамках многоуровневой компьютерной модели [2], состоящей из объектного, логического и визуального уровней, на ее схемном уровне разработана модель универсального звена САУ (рис. 1). С помощью различной коммутации установленных в ней ключей она может быть настроена на звено определенного типа.

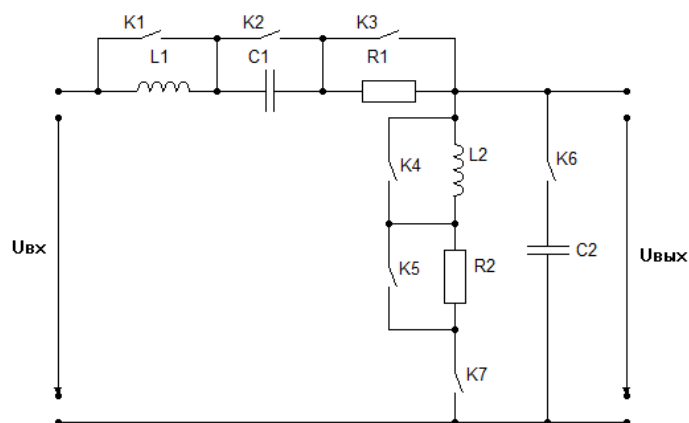


Рис. 1. Модель универсального звена САУ

Данное универсальное звено может быть настроено на определенное типовое звено САУ (усилительное, дифференциальное, апериодическое и др.) с помощью различного положения установленных в нем ключей K1-K7 (табл. 1)

Таблица 1

Коммутация ключей универсального звена для его настройки на типовые звенья САУ

Звено	Ключи						
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Усилительное звено	1	1	0	1	0	0	1
Дифференциальное звено	1	0	1	1	0	0	1
Интегрирующее звено	0	1	1	1	0	0	1
Апериодическое звено 1-го порядка	1	1	0	1	1	1	0
Апериодическое звено 2-го порядка	0	1	0	1	1	1	0
Форсирующее звено 1-го порядка	0	0	1	1	1	1	0
Консервативное звено	0	1	1	0	0	1	0

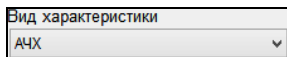
В табл. 1 «0» соответствует разомкнутому положению ключа, а «1» – замкнутому.

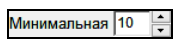
На основе информации, представленной в табл. 1, сформирована матрица размером 7×7. Она легла в основу алгоритма автоматической коммутации звеньев, разработанного на логическом слое предложенной многоуровневой модели, позволяющей автоматически настраивать универсальное звено (рис. 1) на определенное звено САУ для его последующего исследования. По данному алгоритму на логическом слое многослойного редактора сформирована алгоритмическая компонентная цепь (рис. 2), позволяющая изменять состояние каждого из ключей универсального звена. Назначение входящих в нее компонентов представлено в табл. 2.

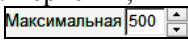
На визуальном уровне построенной модели обобщенного звена САУ (рис. 3) пользователь имеет возможность задавать и изменять следующие характеристики с помощью определенных визуальных компонентов:

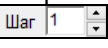
– с помощью комбинированного списка тип звена
Апериодическое звено 1-го порядка ▾ осуществляется выбор конкретного типа, на который должно автоматически настроиться

универсальное звено для построения и исследования его частотных характеристик;

– комбинированным списком  производится задание подлежащей построению и исследованию частотной характеристики выбранного звена САУ;

– цифровым табло  в Гц задается минимальная частота построения частотных характеристик;

– цифровым табло  в Гц задается максимальная частота построения частотных характеристик;

– цифровым табло  в Гц задается шаг построения частотных характеристик.

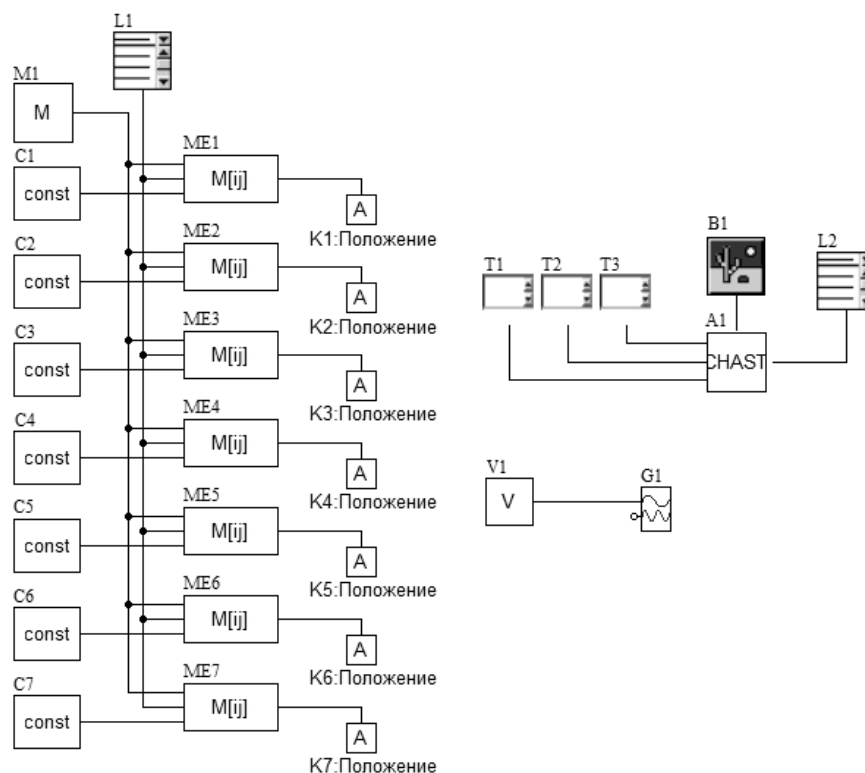


Рис. 2. Алгоритмическая компонентная цепь настройки универсального звена к типу определенного звена САУ

Построение конкретной частотной характеристики выбранного звена САУ

осуществляется по нажатию на кнопку .

На рис. 4 приведен пример построения амплитудно-частотной характеристики апериодического звена первого порядка. На рис. 5 представлена амплитудно-фазовая характеристика апериодического звена второго порядка. Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика форсирующего звена приведена на рис. 6.

Таблица 2

Назначение компонентов алгоритмической компонентной цепи	
Компонент	Назначение
M1	Источник матрицы
C1	Константа, равная 0 и соответствующая столбцу ключа K1
C2	Константа, равная 1 и соответствующая столбцу ключа K2
C3	Константа, равная 2 и соответствующая столбцу ключа K3
C4	Константа, равная 3 и соответствующая столбцу ключа K4
C5	Константа, равная 4 и соответствующая столбцу ключа K5
C6	Константа, равная 5 и соответствующая столбцу ключа K6
C7	Константа, равная 5 и соответствующая столбцу ключа K7
L1	Комбинированный список, предоставляющий пользователю возможность на визуальном слое выбирать тип определенного звена САУ
ME1	Вывод элемента матрицы, соответствующего выбранному звену и положению ключа K1
ME2	Вывод элемента матрицы, соответствующего выбранному звену и положению ключа K2
ME3	Вывод элемента матрицы, соответствующего выбранному звену и положению ключа K3
ME4	Вывод элемента матрицы, соответствующего выбранному звену и положению ключа K4
ME5	Вывод элемента матрицы, соответствующего выбранному звену и положению ключа K5
ME6	Вывод элемента матрицы, соответствующего выбранному звену и положению ключа K6
ME7	Вывод элемента матрицы, соответствующего выбранному звену и положению ключа K7
T1	Цифровое табло для задания начальной частоты построения частотных характеристик
T2	Цифровое табло для задания конечной частоты построения частотных характеристик
T3	Цифровое табло для задания шага частоты построения частотных характеристик
L2	Комбинированный список для выбора подлежащей построению частотной характеристики
B1	Кнопка старта построения частотных характеристик
A1	Компонент вычислительного ядра, позволяющий по команде выполнять частотный анализ модели, представленной на схемном слое редактора
V1	Вольтметр для передачи со схемного слоя значений напряжения на выходе звена
G1	Компонент-график, позволяющий визуализировать соответствующую частотную характеристику

Представленная многоуровневая компьютерная модель универсального звена систем автоматического управления может быть оформлена в виде виртуального прибора [3], позволяющего оперативно выполнять исследования типовых звеньев САУ.

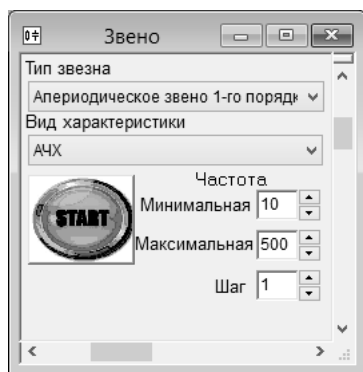


Рис. 3 Лицевая панель управления параметрами универсального звена САУ

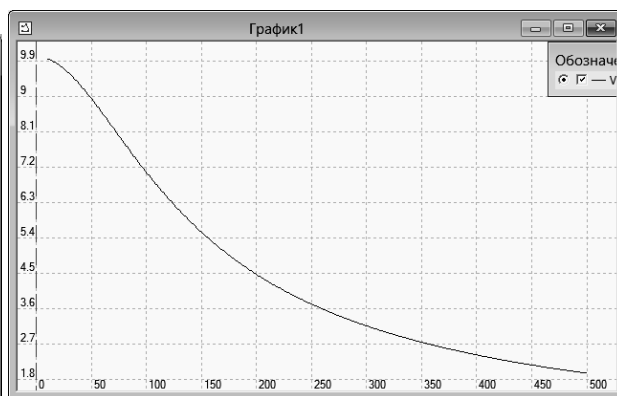


Рис. 4. Амплитудно-частотная характеристика апериодического звена первого порядка

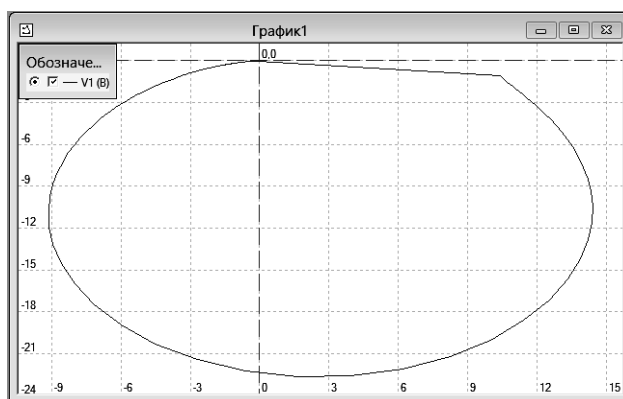


Рис. 5. АФХ апериодического звена второго порядка

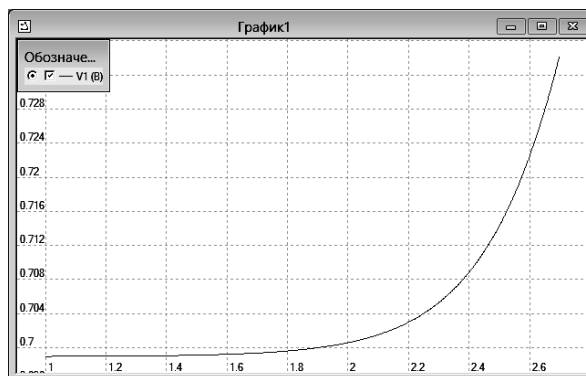


Рис. 6. ЛАЧХ характеристика форсирующего звена

Заключение. Исследование построенных частотных характеристик может осуществляться с помощью визирных линий, луп и других виртуальных инструментов, которыми оснащено окно графика. Кроме этого, для определения определенных численных параметров-функционалов могут использоваться блоки обработки результатов.

Предложенный в данной работе метод настройки универсальных схем может быть применен для формирования моделей других типовых устройств и систем, изучаемых в технических курсах.

Литература

1. Востриков А.С. Теория автоматического регулирования: учеб. пособие для вузов / А.С. Востриков, Г.А. Французова. М.: Высш. шк., 2004. 365 с.
2. Дмитриев В.М. Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. 2013. № 2 (36). С. 24–36.
3. 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 004.942

HARDWARE-IN-THE-LOOP SIMULATION (АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)

В.В. Ганджа

Рассматривается принцип работы системы аппаратно-программного моделирования, представленной различными ведущими мировыми фирмами. Предлагается новая концепция применения АПМ для декомпозиции электрически цепей в различных пропорциях.

Ключевые слова: моделирование, аппаратно-программное моделирование, тестирование реальных систем, виртуально физический конвертор.

С развитием вычислительных возможностей компьютером моделирование любых процессов (начиная от электрических цепей, заканчивая полетом космического корабля) приближается к скорости реального времени, и при этом сохраняется высокая точность результатов моделирования и самое главное – временной шаг моделирования становится все меньше, благодаря этому в настоящее время стало возможным запускать модель наравне в реальным процессом и, опираясь на работу модели, корректировать входные параметры реальных элементов. Но ввод параметров модели в программу моделирования до сих пор оставался ручным, до появления направления моделирования Hardware-in-loop simulation или аппаратно-программного моделирования (АПМ).

Аппаратно-программное моделирование. Аппаратно-программное моделирование – это такой метод моделирования, когда происходит испытание разрабатываемого образца встраиваемой системы непосредственно наравне с моделью в режиме реального времени. АПМ разрабатывается наиболее углубленно лишь компанией National Instruments, и в настоящее время у них несколько готовых продуктов.

Существует два способа применения АПМ:

Первый способ применения АПМ заключается в подключении шины сбора данных в любую встраиваемую систему, последующем сборе данных, и корректировке параметров компьютерной модели с целью максимального приближения к реальным данным (рис. 1). И в дальнейшем полученная таким образом компьютерная модель начинает работать самостоятельно. Проанализировав все варианты компьютерной модели, можно вручную скорректировать параметры реаль-

ного исследуемого объекта и еще раз прогнать цикл или петлю аппаратно-программного моделирования. Благодаря данным циклам или так называемым «петлям» данный метод АПМ и получил свое английское название Hardware-in-loop simulation [1].

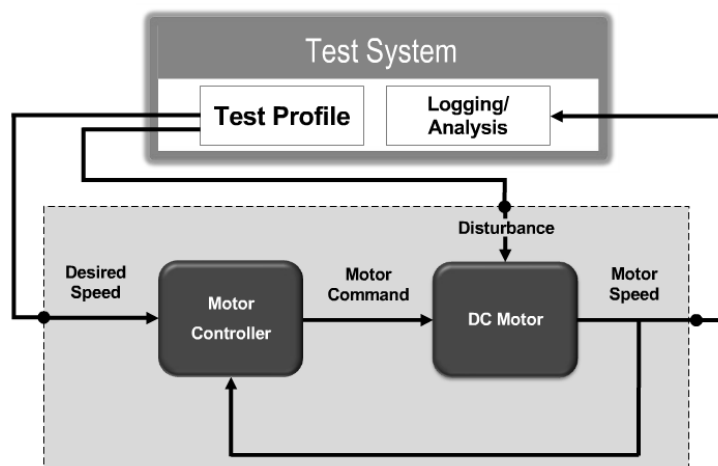


Рис. 1. Первый способ применения АПМ

Второй метод АПМ заключается в непосредственном тестировании электронной части встраиваемых систем (рис. 2). В данном способе тестируется только логическая или электронная часть и отключаются все исполнительные механизмы и устройства. На примере можно увидеть, что от системы остался только регулятор скорости двигателя постоянного тока, данные с которого поступают в систему АПМ, в которой и происходит визуализация регулятора двигателя постоянного тока. В данном случае АПМ работает в качестве визуализатора электрических сигналов, генерируемых регулятором двигателя, а в самой программе моделирования запущена модель двигателя с близкими параметрами к реально используемому двигателю, параметры которого можно получить первым способом использования АПМ.

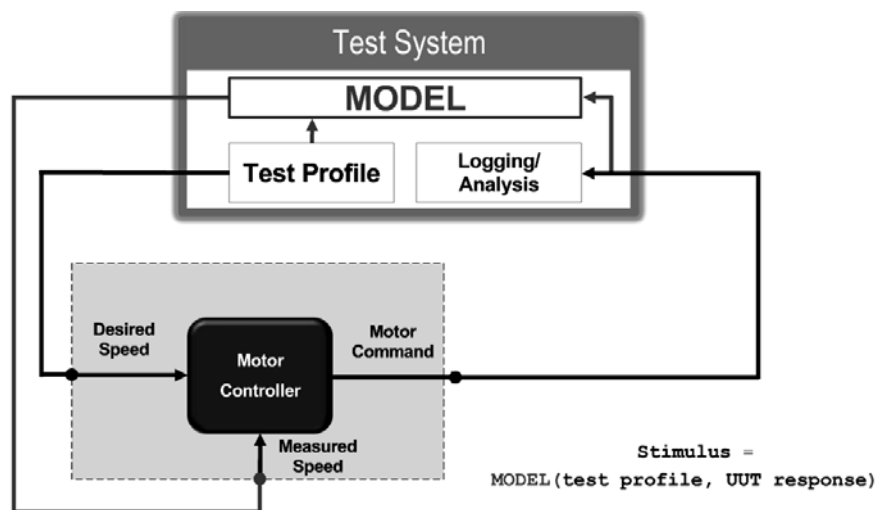


Рис. 2. Второй способ применения АПМ

Таким образом, использование АПМ методов моделирования позволяет сэкономить до 50% на разработке и отладке новых продуктов встраиваемых систем. Кроме того, повышается скорость разработок и время за счет использования большой базы данных компьютерных моделей, которые можно использовать как для визуализации, так и для моделирования всей системы с откорректированными данными.

Но ни один из вышеописанных способов применения не обеспечивает полностью автоматической петли, т.е. когда в виртуальную модель входят параметры, они обрабатываются компьютерной моделью и выходят обратно в реальную среду. Причем одна такая итерация и будет минимально дискретным шагом моделирования, так как будет полностью зависеть от скорости моделирования, так как физическая имеет неизмеримый дискретный шаг. То есть чем быстрее будут обрабатываться вход и выход из компьютерной модели, тем более точнее будет работать полностью автоматический АПМ. Для создания такой, полностью автоматической петли необходимо создание виртуально физического конвертора (ВФК), который имел бы в своем составе необходимые аппаратные средства для реализации быстрой циклической связи реальной среды с компьютерной моделью.

Например, можно привести банальный пример радиоприемника (рис. 3). При правильной работе ВФК и работы его на больших скоростях можно реализовать виртуальное радио. В реальной среде остаются антенна и динамик, антенна подключена непосредственно ко входу ВФК, который передает все получаемые сигналы в компьютерную модель [2]. В компьютерной модели мы можем реализовать все что угодно, вплоть до спектрального анализа получаемого сигнала, а также можем собрать простую схему радиоприемника с построечным конденсатором. Далее, передвигая виртуальный движок, можем выбирать частоту работы радиоприемника и слышать реальный звук через подключенный динамик к выходу ВФК.

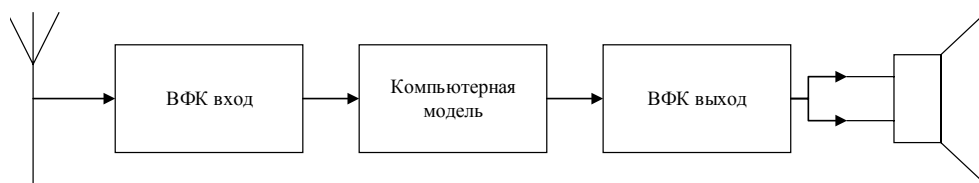


Рис. 3. Пример построения виртуально физической схемы с применением виртуально физических конверторов

Благодаря данной технологии можно будет говорить не только об экономии средств и времени на уровне разработки, но также данные системы с ВФК можно внедрять уже в готовые системы. То есть реальная электроника может стать полностью виртуальной, взаимодействуя с реальным миром через входы/выходы ВФК. Конечно, экономия будет иметь место, когда готовая реальная электронная схема будет получаться дороже и сложнее, ежели применение ВФК, работающим совместно с одноплатными ПК.

Литература

1. Ефим Б.Г. LabVIEW FPGA. Реконфигурируемые измерительные и управляющие системы. М.: ДМК Пресс, 2014. 390 с.
2. Дмитриев В.М. Автоматизированное рабочее место студента / В.М. Дмитриев, В.В. Ганджа // Южно-Сибирский научный вестник. 2012. № 1. С. 34–37.

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Р.В. Коновалов

Предлагается реализация автоматизированного комплекса по автоматизации учебного процесса на примере рабочей программы. Приводится описание программы, а также планируемая область применения данного метода.

Ключевые слова: рабочая программа, учебный процесс.

Составление и редактирование рабочей программы для студентов – весьма емкая и довольно трудная работа, и при небольшой оплошности приходится пересдывать все с самого начала. Чтобы выполнить такие задачи, необходимо немалое количество времени, что является неэффективным. Но сейчас в современном мире, где господствуют высокопроизводительные вычислительные машины, они стали неотъемлемой частью нашей жизни. Поэтому разработка комплекса значительно упрощает организацию, обработку и хранение данных. Стоит заметить, что управление с помощью программного комплекса значительно сокращает временные затраты на обслуживание и управление учебным процессом.

С созданием программного комплекса по автоматизации учебного процесса производятся поэтапно реализация базы данных и разработка интерфейса.

Цель данной работы – разработка программного комплекса по автоматизации учебного процесса.

Первая этап – разработка базы данных – состоит из двух этапов: проектирование БД и создание БД. Проектирование включает в себя:

- системный анализ предметной области;
- анализ данных и построение модели данных.

Создание БД в памяти ЭВМ происходит в среде определенной СУБД и состоит из:

- создания структуры базы данных;
- заполнения базы данными.

Одним из этапов является разработка реляционной модели. Модель данных описывает некоторый набор родовых понятий и признаков, которыми должны обладать все конкретные СУБД и управляемые ими базы данных, если они основываются на этой модели. Наличие модели данных позволяет сравнивать конкретные реализации, используя один общий язык.

После выполнения двух этапов нормализации была получена реляционная модель (рис. 1).

Данная БД была реализована при помощи СУБД Microsoft SQL Server 2012.

На втором шаге рассматривается создание авторизации пользователя, простого графического интерфейса пользователя и добавление к нему несложной серверной функциональности (рис. 3) для более легкого управления (рис. 2).

В самой программе реализован подсчет данных о количестве единиц для проверки точности введенных данных преподавателем во избежание ошибок. А также к самой базе данных применимы определенные бизнес-процессы. Также была реализована функция вывода на печать (см. рис. 3), так как это может понадобиться для отчетности у деканата или вышестоящих органов.

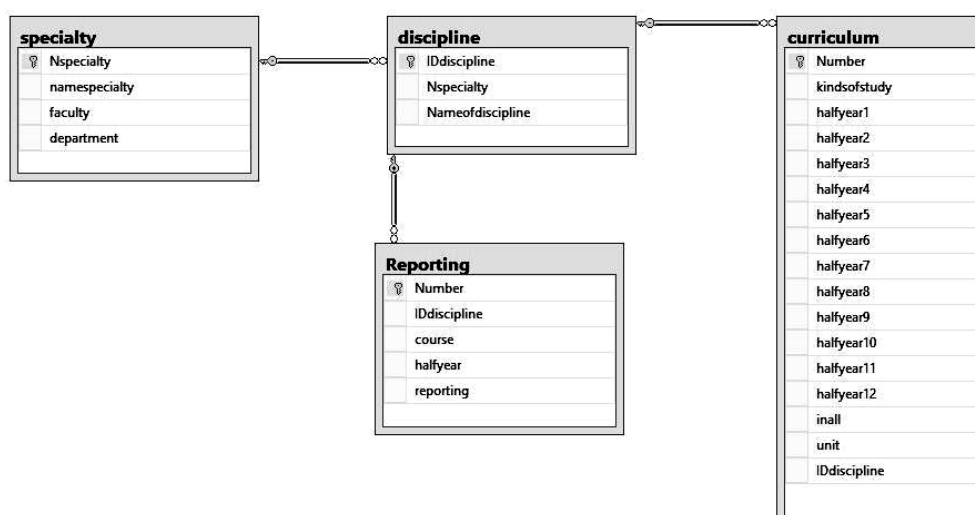


Рис. 1. Реляционная модель

Работа с данными	МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	
Печать	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования	
Сохранить	«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)	
		УТВЕРЖДАЮ
		Первый проректор - проректор по учебной работе
		_____, П. А. Боков
		16 мая 2014 г.
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ		
Уровень основной образовательной программы		
Направление подготовки (специальность)		
Специализация		
Форма обучения		
Факультет		
Кафедра		
Курс		Семестр
Учебный план набора года и последующих лет.		
Распределение рабочего времени:		

Рис. 2. Стартовая страница интерфейса

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор -
проректор по учебной работе
Л. А. Боков

{date}

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

{predmet}

Уровень основной образовательной программы {obucheniye}

Направление подготовки (специальность) {specialnost}

Специализация {specializaciya}

Форма обучения {fo}

Факультет {facultet}

Кафедра {kafedra}

Курс {kurs}

Семестр {semestr}

Учебный план набора {god} года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр {}	Всего	Единицы
1.				
2.				
3.				

Рис. 3. Шаблон вывода на печать

Заключение. На основе написанной программы данные, которые хранились в картотеках и имели большие объемы (как места хранения, так и объем информации), теперь в большом объеме хранятся в базе данных и практически не занимают места хранения. А также при помощи автоматизации данных, подсчет всех данных лежит на программном обеспечении, где освобождает преподавателей от подсчетов и проверок, и этим экономит время.

Литература

1. Новгородова Н.А. Лабораторный практикум по базам данных в Visual Studio (СУБД MICROSOFT ACCESS, MICROSOFT SQL SERVER). 2010. 265 с.
2. Библиотека MSDN: справочник [Электронный ресурс] URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/> (дата обращения: 10.07.2013).
3. Методология проектирования БД. [Электронный ресурс]. URL: <http://database.ucoz.com/index/0-8> (дата обращения: 10.07.2013).
4. C# и базы данных, ADO.NET [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cyberforum.ru/ado-net/> (дата обращения: 10.07.2013).
5. Вийера Роберт. Программирование баз данных Microsoft SQL Server 2008. Базовый курс. 2008. 816 с.
6. Нильсон Пол. SQL Server 2005. Библия пользователя. 2008. 1228 с.
7. Учебные программы и курсы повышения квалификации MicrosoftInnovationCenter.

**ВНЕДРЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ
В РАМКАХ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРОВ
МОЛОДЕЖНОГО ИННОВАЦИОННОГО ТВОРЧЕСТВА**

С.А. Панов, В.В. Ганджа, С.К. Важенин

Ставится проблема формирования различных технологических документов, отражающих результаты компьютерного моделирования и функционального проектирования мультифизических систем в Центре молодежного инновационного творчества, и описывается система автоматизированного документирования, позволяющая решить данную проблему.

Ключевые слова: ЦМИТ, проектирование, прототипирование, моделирование, документирование, протоколирование, автоматизация, документ, протокол, отчет.

В 2012 г. в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) открылся Центр молодежного инновационного творчества (ЦМИТ) «Кибер». Его основными задачами являются популяризация молодежной деятельности в области проектирования и конструирования на радиоуправляемых моделях, отбор творчески одарённых студентов и школьников для проектно-конструкторских работ в области автоматизации управления динамическими объектами, а также испытания их в спортивно-игровых ситуациях.

Одним из основных структурных подразделений ЦМИТ является проектно-конструкторская лаборатория (ПКЛ), предназначенная для автоматизированного функционального, конструкторского и технологического проектирования различных аппаратно-программных средств, кибермоделей, радиоуправляемых моделей, интеллектуальных систем и мехатроники. ПКЛ связана с производственно-технологической площадкой и состоит из автоматизированных рабочих мест проектировщиков (АРМП), оформленных в виде стендов.

Процесс разработки какой-либо мультифизической системы в ЦМИТ можно разделить на несколько основных этапов. Непосредственно конструированию предшествует этап функционального проектирования, основанный на компьютерном моделировании. На данном этапе выполняется: разработка технического задания (ТЗ) на проект, содержащего, как правило, структурно-функциональную схему проектируемой мультифизической системы, описание ее функций и основные параметры (например, размеры); анализ и параметрический синтез компьютерных моделей мультифизических систем; проведение вычислительных экспериментов.

Важное место в проектной деятельности ЦМИТ занимает документирование (протоколирование) всех этапов моделирования, проектирования и конструирования. Под документированием понимаются разработка, оформление и обмен различной технологической документацией (которая включает в себя протоколы, отчеты, технические задания на проекты и т.д.). Документы играют важнейшую роль в информационном обеспечении, которое осуществляется благодаря взаимосвязи основных инструментальных средств ЦМИТ: системой моделирования МАРС (СМ МАРС) [1]; АРМП и входящими в их состав лабораторными автоматизированными рабочими местами (ЛАРМ) [2]; автоматизированной системой управления проектированием [3].

В связи с тем, что процессы формирования и работы с документами являются очень трудоёмкими, в настоящее время в ЦМИТ актуальным является вопрос автоматизации данных процессов (они также включают в себя обмен и совместную работу над документами).

Для решения данной актуальной задачи были предложены разработка и внедрение собственной системы автоматизированного документирования (САД) [4, 5] в качестве подсистемы ЦМИТ.

Система автоматизированного документирования. Разрабатываемая САД представляет собой сложный программный комплекс, связанный с различными подсистемами ЦМИТ посредством локальной вычислительной сети и позволяющий автоматизировать процесс создания и работы с различными техническими документами, циркулирующими в информационном пространстве ЦМИТ. САД может быть установлена практически на любом компьютере под управлением операционной системы Windows и не требует больших системных ресурсов и высокой производительности.

Основным отличием разрабатываемой САД от российских и зарубежных аналогов является возможность «интерактивного» документирования, заключающаяся в создании связей между источниками данных и документами, использующими эти данные. При изменении данных в источнике автоматически изменяется и само содержимое документов. Источниками данных в САД являются:

- среда моделирования МАРС;
- система виртуальных инструментов и приборов (СВИП) [6];
- платы сбора данных и универсальные измерительно-управляющие контроллеры;
- аппаратно-программный комплекс ЛАРМ;
- прочие программные и аппаратно-программные комплексы.

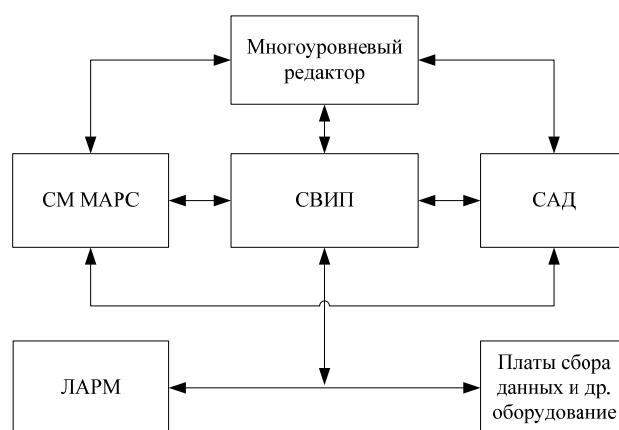


Рис. 1. Структурная схема ПКЛ ЦМИТ

САД, как и большинство подобных систем, использует систему шаблонов, позволяющую разрабатывать и использовать шаблоны различных технических документов, что ускоряет процесс документирования.

Благодаря использованию САД, результаты, получаемые в ходе анализа компьютерных моделей мультифизических систем и натурных экспериментов, выполняемых в среде мо-

делирования МАРС, будут автоматически поступать в необходимые места документов, тем самым повышая скорость документирования.

Внедрение системы автоматизированного документирования в центре молодежного инновационного творчества. Итоговая архитектура ПКЛ ЦМИТ (рис. 1) будет содержать шесть основных модулей (блоков):

1. **СМ МАРС** представляет собой специальное прикладное обеспечение, которое используется для компьютерного моделирования и позволяет выполнять

анализ и параметрический синтез компьютерных моделей мультифизических систем.

2. **СВИП** – система виртуальных инструментов и приборов, позволяющая формировать виртуальные генераторы и измерительные приборы для проведения автоматизированных экспериментов над реальными техническими объектами с помощью аппаратно-программного комплекса ЛАРМ и над компьютерными моделями, разработанными в среде моделирования МАРС.

3. **САД** представляет собой специальное прикладное обеспечение, которое позволяет автоматически формировать интерактивные отчеты о выполнении исследований и экспериментов.

4. **ЛАРМ** является универсальным аппаратно-программным измерительным комплексом, реализованным на базе специализированного задающего и измерительного контроллера и специального программного обеспечения. Назначение ЛАРМа – это генерация электрических сигналов и исследование откликов технических устройств на них. Соединение ЛАРМа с персональным компьютером и физической моделью позволяет создать реально-виртуальную лабораторию (РВЛ) для учебно-исследовательских целей в различных технических дисциплинах, в медицине, при автоматизации научных исследований и диагностике, а также в производственной сфере. Комплекс работает в режиме дистанционного управления через USB-интерфейс компьютера. По этому же интерфейсу в компьютер передаются данные измерений в виде отдельных значений или осциллограмм.

5. **Многоуровневый редактор.** Используется для создания и редактирования:

- компьютерных моделей (в СМ МАРС);
- виртуальных инструментов и приборов (в СВИП);
- структуры отчетов (в САД).

Внедрение САД в качестве одной из подсистем ЦМИТ позволит:

- существенно увеличить скорость формирования технологической документации;
- организовать общий доступ к документам и их отдельным фрагментам (совместная работа над документами);
- повысить точность данных, содержащихся в документах;
- сделать процесс проектирования и конструирования более прозрачным и наглядным (визуализация данных).

Заключение. Проектирование и разработка систем документирования являются актуальными в различных областях, в том числе в области компьютерного моделирования и проектирования технических объектов. В связи с тем, что каждая программная система, результаты которой необходимо документировать, имеет свою собственную специфику, применение универсальных систем документирования весьма затруднено, именно поэтому возникает необходимость разработки собственных систем документирования – под конкретные системы.

Применение САД в проектно-конструкторской деятельности ЦМИТ позволяет обеспечить обмен технологической информацией между различными этапами проектирования и существенно повысить скорость документирования, а значит, и эффективность всего учебно-производственного процесса в ЦМИТ.

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. ЛАРМ: автоматизированный лабораторный практикум по электротехнике и электронике / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.В. Ганджа, А.Н. Кураколов. Томск: В-Спектр, 2010. 186 с.

3. Дмитриев В.М. Структура и функции автоматизированной системы управления проектами для центров научно-технического творчества студентов / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, В.В. Ганджа, С.А. Панов // Доклады ТУСУРа. 2012. № 2(26), ч. 2. С. 200–203.

4. Ганджа Т.В. Задачи и структура подсистемы документирования исследований в среде многоуровневого моделирования MAPS / Т.В. Ганджа, С.А. Панов // Доклады ТУСУРа. 2011. № 2 (24), ч. 2. С. 334–338.

5. Панов С.А. Формальный язык описания структуры документов и его интерпретация в формат метода компонентных цепей // Доклады ТУСУРа. 2014. № 1(31). С. 197–200.

6. Дмитриев В.М. Редактор виртуальных инструментов и приборов / В.М. Дмитриев, Т.Ю. Коротина, Т.В. Ганджа // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. 2009. № 6. С. 19–24.

УДК 004.942

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МЕТОДА НАЛОЖЕНИЯ УЧЕБНО-ИЛЛЮСТРАТИВНЫМ МОДУЛЕМ В ИНТЕРАКТИВНОМ УЧЕБНИКЕ

А.В. Шутенков, Т.В. Ганджа

Для более глубокого понимания изложен процесс построения метода наложения в виде учебно-иллюстративного модуля.

Ключевые слова: учебно-иллюстративный модуль, компонентная цепь, схема.

Напомним, что 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 MAPS [1]. Данная среда моделирования позволяет представить моделируемый эксперимент на трех уровнях [2] (объектном, логическом и визуальном), имеющих свои отображения в соответствующих слоях многослойного редактора.

Использование УИМа рассмотрим на примере метода наложения. Согласно данному методу ток в некоторой ветви электрической цепи, содержащей несколько источников напряжения и тока, равен сумме частичных токов, вызванных

действием каждого из источников в отдельности.

В объектном слое расположена схема (рис. 1, а), иллюстрирующая данный метод и включающая в себя два источника: источник постоянного напряжения $E1$ и источник постоянного тока $J1$.

В данной схеме вставлены вспомогательные компоненты:

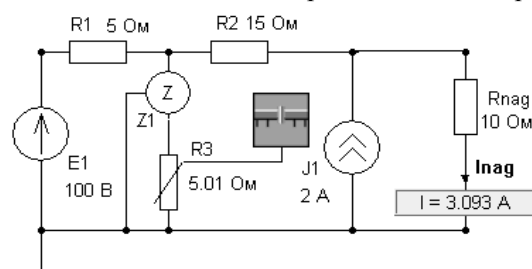


Рис. 1. Исходная схема

цифровой амперметр и Z (омметр). Амперметр показывает значение тока в нагрузке во время эксперимента, а омметр используется для определения переменного сопротивления $R3$. Значение этого сопротивления необходимо для правильного расчета цепей во вспомогательных схемах, которые приведены на рис. 2, 3.

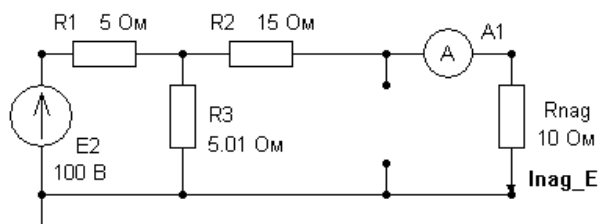


Рис. 2. Схема с источником ЭДС

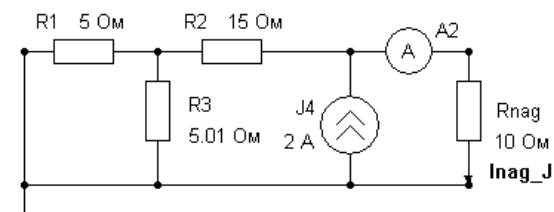


Рис. 3. Схема с источником тока

По схеме рис. 2 определяем составляющую искомого тока нагрузки, вызываемую источником ЭДС $E1$, а по схеме рис. 3 – источником тока $J1$.

За ходом эксперимента можно следить и управлять им в визуальном слое задачи в системе MAPC (рис. 4).



Рис. 3. Схема с источником тока

Сравнивая показания амперметра в исходной схеме и в визуальном слое задачи, убеждаемся в правильности метода наложения.

Обобщим метод наложения на схемы, содержащие произвольное количество источников постоянного напряжения и тока. Согласно его формулировке цепь, содержащая N источников, должна быть заменена N подцепями, в каждой из которых действует один источник. Остальные источники напряжения должны быть закорочены, а в ветвях, содержащих источники тока, должны наблюдаться разрывы. Для автоматического изменения топологии цепи могут быть использованы коммутационные ключи. Для замыкания накоротко источника напряжения поставим параллельно с ним ключ, исходное положение которого будет замкнутое (рис. 5). Для моделирования разрыва ветви, содержащей источник тока, включим параллельно с ним ключ с разомкнутым исходным положением (рис. 6).

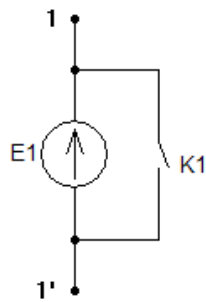


Рис. 5. Модификация участка цепи с источником напряжения

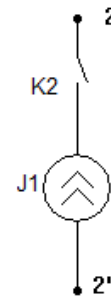


Рис. 6. Модификация участка цепи с источником тока

Для построения УИМ, демонстрирующей метод наложения на примере цепи с несколькими источниками тока и напряжения, на объектном слое редактора сформируем схему, в которую добавим ключи, согласно рис. 5 и 6. Ключи, установленные параллельно источнику напряжения, закоротим, а ключи в ветвях источников тока разомкнем. Полученная схема, включающая два источника напряжения и один источник тока, приведена на рис. 7.

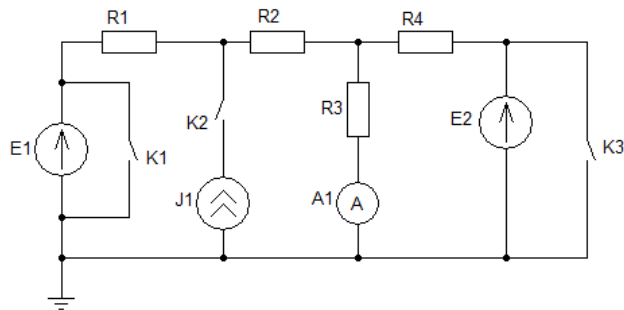


Рис. 7. Компонентная цепь объектного уровня для демонстрации метода наложения

Первоначальное положение каждого из ключей обозначим на 0, за 1 примем противоположное его положение. Согласно методу наложения цепь, содержащая N источников, а следовательно, и N ключей, необходимо представить N подцепями, в каждой из которых будет действовать один источник тока или напряжения. Следовательно, подключенный к нему ключ будет изменять свое состояние на противоположное. В этом случае матрица состояний ключей A_S может быть сформирована следующим образом:

$$A_S[i,j] = \begin{cases} 1 & \text{если } i=j, \\ 0 & \text{если } i \neq j. \end{cases}$$

С целью автоматического изменения состояния ключей на логическом слое редактора каждому из них будет соответствовать компонент «Атрибут», в котором первоначальное состояние будет обозначено за 0, а противоположное ему – за 1. На логическом слое редактора на основе матрицы A_S сформирована схема алгоритма (рис. 8), осуществляющая коммутацию ключей согласно номеру под-схемы.

Сформированная матрица A_S помещается в источник матрицы M1. Источники констант C1, C2 и C3 передают в компоненты «Элемент матрицы» номера

ключей, которые соответствуют строкам матрицы. С помощью цифрового табло на визуальном слое модельной иллюстрации пользователем задается номер итерации. При его передаче компонентам «Элемент матрицы» ME1, ME2, ME3 они осуществляют выборку соответствующих значений из матрицы и передают их на атрибутные компоненты, которые соответствуют атрибутам «Положение» каждого из ключей K1, K2 и K3, установленных в схему исследуемой электрической цепи (рис. 7).

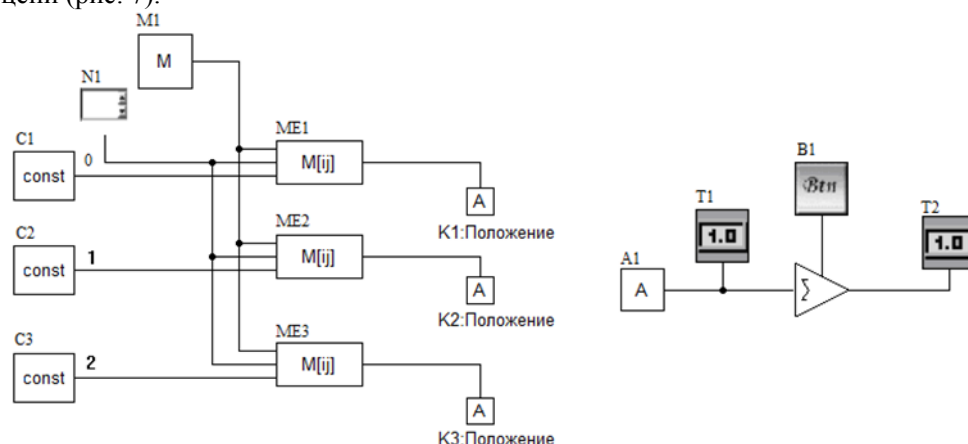


Рис. 8. Алгоритмическая компонентная цепь модельной иллюстрации «Метод наложения»

Переключив номер соответствующей итерации, цифровое табло $T1$ на визуальном слое редактора отображает значение частичного тока в ветви с резистором $R3$ (в которую включен амперметр $A1$) (см. рис. 7), вызванного действием соответствующего источника. При нажатии на кнопку $B1$, производится суммирование этого тока с частичными токами, вызванными действием других источников. Данная сумма будет отображена с помощью цифрового табло $T2$. После того как будут выполнены все $N = 3$ итераций, это цифровое табло будет отображать истинный ток ветви.

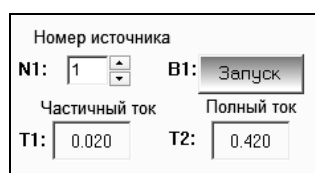


Рис. 9. Лицевая панель модельной иллюстрации «Метод наложения»

Лицевая панель данной модельной иллюстрации, сформированная для исследования метода наложения и адаптированная к линейным электрическим цепям с произвольным числом источников напряжения и тока, приведена на рис. 9.

Заключение. Учебно-иллюстративные модули, разработанные в среде многоуровневого компьютерного моделирования MAPC, позволяют автоматизировать наглядную демонстрацию основных положений, законов и теорем дисциплин, изучаемых в средних и высших учебных заведениях технического профиля. В данной работе на примере модельной иллюстрации «Метод наложения» рассмотрена методика построения учебно-иллюстративных модулей, позволяющих наглядным образом демонстрировать основные положения расчетных методов.

Литература

1. Дмитриев В.М. MAPC – 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.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ВОЛН ЭЛЛИОТТА В КУРСЕ «СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ»

А.В. Сторчак, Е.В. Истигечева

Рассматриваются стандартные волновые модели, их структура и основные свойства. Для решения задачи анализа финансовых временных рядов реализован алгоритм на основе расширения Фибоначчи в виде скрипта, написанного на алгоритмическом языке программирования MQL4, встроенным в торговую платформу MetaTrader 4.

Ключевые слова: волновая диаграмма, технический анализ, коэффициенты Фибоначчи.

Волновую теорию Эллиотта можно применять практически во всех областях: фондовый, валютный и товарный рынки, недвижимость, производство товаров и услуг и т.д. За долговременным ростом, например, в таких областях, как строительство зданий, дорог, мостов, фабрик, домов и т.д., следует ожидать циклического спада.

Волновая теория, разработанная Р.Н. Эллиоттом в 1938 г., признается одним из наиболее точных инструментов прогнозирования ситуации на фондовом, валютном и товарном рынках.

Метод волн Эллиотта (МВЭ) – метод, применимый для любого свободно торгуемого актива, обязательства или товара (акции, облигации, нефть, золото и т.д.), он обеспечивает высокую точность определения направления дальнейшего движения цены. Задачей метода является определение будущего состояния рынка на основе анализа прошлого его состояния. Метод волн Эллиотта оперирует графическим представлением численных величин и относится к графическим методам технического анализа.

В настоящее время на основе метода волн Эллиотта реализована виртуальная лабораторная работа «Прогнозирование финансовых временных рядов», которая включена в курс «Системный анализ и управление».

Основные положения построения волн. Основой теории служит так называемая волновая диаграмма (рис. 1), соотношения внутри которой задаются коэффициентами Фибоначчи (0,382; 0,5; 0,618; 1; 1,382; 1,5; 1,618 и т.д.). Числа Фибоначчи: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610 и т.п. Деление числа Фибоначчи на соседнее меньшее число дает отношение 1,618. Пример: $34/21 = 1,618$. Далее деление того же числа Фибоначчи на соседнее следующее дает нам отношение 0,618. Пример: $34/55 = 0,618$.

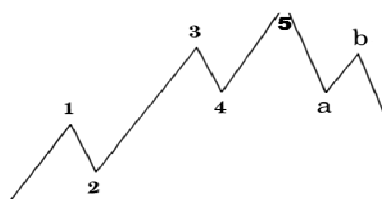


Рис. 1. Волновая диаграмма

Волна – это ясно различимое ценовое движение. Следуя правилам развития массового психологического поведения, все движения цен разбиваются на пять волн в направлении более сильного тренда, и на три – при движении (коррекции) вниз.

Существует несколько видов волновых моделей:

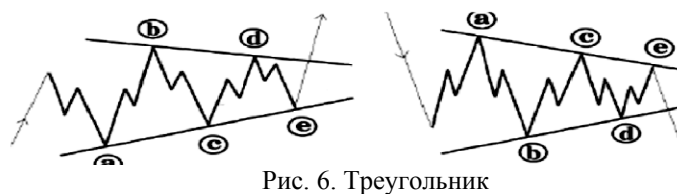
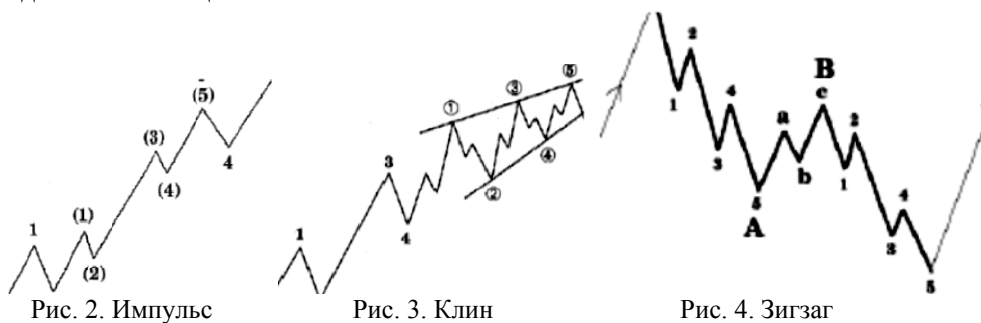
1. Импульс (рис. 2). К импульсам относятся волны, состоящие из пяти подволн, где волны 1, 3 и 5 – импульсные, 2 и 4 – коррекционные. Причём окончание «второй» волны никогда не заходит за начало «первой» волны, «третья» не должна быть самой короткой, ценовой диапазон волн 1 и 4 не должен пересекаться.

2. Диагональный треугольник (терминальный импульс) (рис. 3) – клиновидная структура, сформированная двумя сходящимися линиями. Такие структуры встречаются в позиции (на месте) пятой волны, обычно после особенно энергичного и кратковременного движения предыдущей третьей волны и в позиции волны С, являющейся частью «литерной фазы», т.е. в коррекционных волнах. Обычно подволны в таком клине имеют скорее форму «троек», чем «пятерок». Перекрытия между окончаниями волн 1 и 4 – также достаточно частое явление, хотя и не обязательное. Это единственное известное исключение из эллиоттовского «правила непересечения» 1-й и 4-й волн.

3. Зигзаг (рис. 4) – коррекционная волна, имеющая структуру 5-3-5, занимает места 2-й и 4-й волн трендового импульса, В зигзага, А и В плоской коррекции, А, В, С, D, Е треугольника, 1-5 волн терминального импульса.

4. Плоскость (рис. 5). Плоская коррекция – коррекционная волна, имеющая структуру 3-3-5, занимает места 2-й и 4-й волн трендового импульса, В зигзага, А и В плоской коррекции, А, В, С, D, Е треугольника, волн 1-5 терминального импульса.

5. Треугольник (рис. 6). Состоит из пяти сегментов, которые являются полными коррективными фазами (тройками), колеблющимися (осциллирующими) в одной и той же ценовой зоне.



Каждая из фигур имеет множество вариаций в зависимости от длительности, амплитуды, сложности (сегментированности) и от того, какая подволна рассматриваемой волновой модели растянута.

Алгоритм применения МВЭ состоит из следующих этапов:

- 1) выбор начальной точки отсчёта;
- 2) выделение трёх- и пяти-волновых отрезков модели;
- 3) выявление текущей стадии волнового развития и вероятной длины текущей волны;
- 4) определение наиболее вероятного движения волн в дальнейшем.

С целью упрощения практического применения волновой теории Эллиотта для прогнозирования ситуации на рынке реализован алгоритм применения волновой теории Эллиотта в виде скрипта, написанного на алгоритмическом языке программирования MQL4, встроенном в торговую платформу MetaTrader 4.

Пример работы алгоритма. В алгоритме программы используется расширение Фибоначчи, которое строится по трём точкам. Эти точки могут быть изменены пользователем в окне терминала.

Шаг 1. Создаётся массив, состоящий из 50 точек (крестиков).

Шаг 2. По трём точкам, выбранным пользователем, создаётся объект «EXPANSION» – расширение Фибоначчи.

Шаг 3. Проводится расчёт, для какого тренда (бычьего или медвежьего) создан объект.

Шаг 4. Рассчитываются площади под первой, второй и третьей волной.

Шаг 5. С учётом шага № 4 рассчитывается и заполняется массив смещений по времени и цене для «крестиков».

Данная методика позволяет с определенным уровнем вероятности давать прогноз значения котировок на определенную дату с предполагаемой сменой тренда в этой точке. Эффективность разработанной методики была доказана в результате ее апробации на котировках валютной пары GBP/JPY (британский фунт стерлингов / японская йена) на различных временных масштабах за последние 6 лет. Точность прогноза составила 85%.

При необходимости пользователь может модернизировать и всячески расширять функционал существующего алгоритма.

Заключение. Графические методы технического анализа сводятся, в основном, к своевременному обнаружению на графиках движения цен фигур (или сочетаний элементов) или сигналов, свидетельствующих о продолжении существующего тренда или его развороте.

Исследование инструментов анализа фондового и валютного рынков показало, что волновая теория Эллиотта является одним из самых эффективных инструментов технического анализа и прогнозирования биржевых котировок.

С учётом полученных результатов исследования можно сделать вывод, что метод волн Эллиотта будет также эффективен в других возможных областях применения.

Изучая метод волн Эллиотта, учащиеся приобретают навыки применения научного, объективного подхода к анализу рынков с позиции «теории волн» и значительно повышают эффективность прогнозирования движения цен.

Литература

1. Гленн Нили. Мастерство анализа волн Эллиотта. М.: ИК Аналитика, 2002. 348 с.

2. Возный Д. Код Эллиотта: Волновой анализ рынка Forex. М.: Омега-Л, 2006. 240 с.
3. Роберт Р. Пректер А., Фрост Дж. Волновой принцип Эллиотта. Ключ к поведению рынка. М.: Альпина Паблишер, 2001. 268 с.

УДК 004.942

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

О.С. Затик, Т.В. Ганджа, С.А. Панов

Рассмотрены пример синтеза фрагмента экологической программы, а также соответствующие алгоритмы и средства реализации моделей и отчетных форм.

Ключевые слова: моделирование, программное планирование, документирование.

В связи с высокими темпами производства и масштабами работ существует потребность в автоматизации процесса создания производственных программ предприятий нефтегазовой отрасли. Целесообразно использовать компьютерные модели, интегрированные с информационными системами и моделями бизнес-процессов предприятия. Актуальным является для каждого бизнес-процесса операционного уровня создавать имитационные модели и использовать их для автоматизации и обеспечения качества программного планирования деятельности предприятия.

Рассмотрим пример формирования фрагмента экологической программы предприятия нефтегазовой отрасли и описание соответствующих алгоритмов и средств реализации отчетных форм и компьютерной модели эколого-экономической системы (КМ ЭЭС) в среде MAPS [1] для построения лабораторных работ по дисциплине «Эколого-экономические системы», включенной в процесс обучения студентов по направлению «Системный анализ и управление».

Компоненты и алгоритм интеграции КМ ЭЭС и информационных систем. Параметризацию компонентов КМ ЭЭС [2] полезно проводить на основе информации о реальном состоянии объекта управления. В качестве источника данных предлагается использовать базы данных экономического мониторинга и ресурсов предприятия. Основными компонентами информационной подсистемы будут являться следующие компоненты:

1. *Компонент «База данных»*, реализующий методы и алгоритмы доступа к физической базе данных (СУБД Oracle, MySQL, MS Access). В качестве параметра данного компонента указывается полный путь к соответствующему файлу или серверу БД. У компонента выделяются следующие связи: связь для передачи запроса к БД, связь для передачи ответа на запрос.

2. *Компонент «Запрос»*, использующийся для формирования SQL-запросов к БД, которые представляют собой строку соответствующего формата. Типы запросов к БД могут быть различными: *Select* (выбрать), *Insert* (создать) или *Update* (обновить). Для взаимодействия с другими компонентами «Запрос» имеет следующие связи: связь для передачи сформированного запроса к базе данных, связь для получения ответа на запрос, связь для передачи результата запроса к соот-

ветствующему компоненту-атрибуту, связь для приема информации от компонента-измерителя.

Разработан алгоритм интеграции КМ ЭЭС и информационных подсистем, предполагающий выполнение следующей последовательности действий:

Шаг 1. Создаем компонент эколого-экономической системы.

Шаг 2. Определяем параметр, который загружается из БД, и создаем компонент «Атрибут».

Шаг 3. Создаем компонент «База данных». В качестве его параметра указываем полный путь к файлу или серверу баз данных.

Шаг 4. Создаем компонент «Запрос». В качестве его параметра прописываем строку запроса. Соединяем с компонентами «База данных» и «Атрибут».

Шаг 5. Запускаем компьютерную модель эколого-экономической системы на выполнение.

Шаг 6. Осуществляется запрос к базе данных.

Шаг 7. Выполняется проверка ответа на запрос. Если ответ от базы данных получен, то выполняется шаг 8, иначе шаг 9.

Шаг 8. Параметризация компонентов модели ЭЭС на основе актуальных данных, загруженных из базы данных.

Шаг 9. Вывод сообщения об ошибке «Нет ответа от базы данных. Возможность параметризации компонентов модели ЭЭС отсутствует» и окончание работы алгоритма.

Библиотека моделей природоохранных мероприятий, реализованная в среде MAPS. Для автоматизации процесса синтеза экологических программ изучена унифицированная структура экологической программы предприятия нефтяной отрасли и установлено рациональное число классов природоохранных мероприятий. Их девять групп по основным направлениям природоохранной деятельности: организационные мероприятия, природоохранное строительство, мероприятия по предупреждению аварийных загрязнений, мероприятия по охране малых рек и рациональному использованию водных ресурсов, мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнения, охрана и рациональное использование земельных ресурсов, мероприятия по обращению с отходами, экологический мониторинг и экологическое обучение.

Группа показателей экологической программы, которые заполняются в отчетной форме: название природоохранного мероприятия; территория подразделения и лицензионного участка; территория района и области; объемы природоохранного мероприятия; затраты на реализацию, тыс. руб.; эффективность мероприятий; предотвращенный экологический ущерб, тыс. руб.; срок выполнения; ответственные за выполнение мероприятия; дата составления экологической программы; ответственный.

Предложенная концептуальная модель базы данных по экологическому мониторингу и программам природоохранных мероприятий является универсальной и рекомендована для использования на предприятиях нефтяной отрасли. На основе изучения унифицированной структуры и формализованного фрагмента экологической программы предприятия нефтяной отрасли создана структура библиотеки моделей природоохранных мероприятий. На рис. 1 показана ветвь дерева, выбранная для реализации имитационной модели системы и экспериментального синтеза фрагмента экологической программы предприятия нефтяной отрасли. Библиотека моделей природоохранных мероприятий [2] реализована в среде MAPS.

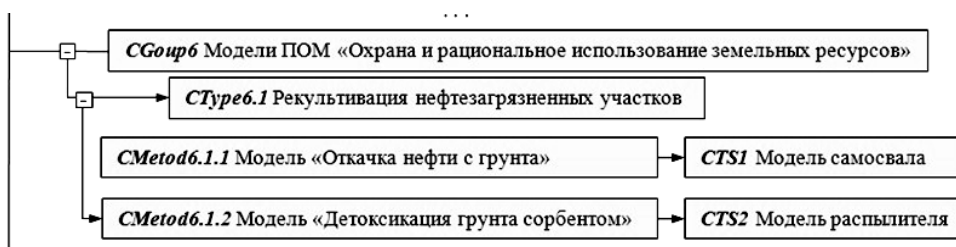


Рис. 1. Часть библиотеки моделей природоохранных мероприятий в составе экологической программы предприятия нефтяной отрасли

Разработка алгоритма структурного синтеза фрагмента экологической программы на основе словесного портрета фрагмента экологической программы. Для природоохранной деятельности предприятий нефтяной отрасли одними из типичных мероприятий экологической программы являются мероприятия по рекультивации нефтезагрязненных участков. Допустим, что процесс выполняется в несколько этапов:

1. Разработка карты загрязнений. Отбор проб на качественно-количественный химический анализ в соответствии с ГОСТом [3, 4]. Ранжирование территории по степени загрязнения. Выбор методов и последовательность их использования для очистки почвы от нефтезагрязнений.

2. Откачка нефти с грунта – снятие верхнего слоя очень загрязненного грунта (концентрация нефтепродуктов в почве 5000,00 мг/кг и более).

3. Детоксикация грунта сорбентом, анализ и расчет необходимого количество сорбента. Потребность в сорбенте (например, сорбент «Глауконит») определяется в зависимости от остаточного содержания нефти в грунте (прямо пропорциональная зависимость). Добавление сорбента на загрязненную нефтепродуктами поверхность в пропорции до норм ПДК в соотношении 1:5, 1:10. Перемешивание грунта с сорбентом механическим средством (агротехнические приемы рекультивации включают в себя вспашку и рыхление нефтезагрязненного грунта и проведение мелиоративных работ). Внесенный сорбент поглощает из сырой нефти примерно 97% (за 2–3 недели) содержащихся в ней полиароматических соединений, наблюдается снижение вредного воздействия летучих и токсичных фракций нефти на атмосферу, воду и землю.

4. Через 2–3 недели отбор проб на количественный химический анализ. Повтор пункта 1. При достижении необходимых норм ПДК в почве (концентрация нефтепродуктов до 500 мг/кг) участок считается детоксицированным (очищенным) от нефтепродуктов.

5. Создание растительного биоценоза на поверхности грунта, прошедшего этапы биоремедиации, пп. 2, 3.

6. Появление растительности на поверхности нефтезагрязненного грунта является визуальным свидетельством того, что ее обработка прошла успешно и на ней начинается образование фитоценоза.

Тестовая модель бизнес-процесса «Рекультивация нефтезагрязненных участков» включает следующие компоненты:

События: наступил календарный срок мониторинга природной среды; произошел разлив нефтепродуктов на поверхность грунта.

Функции: отбор проб и проведение химического анализа (фон, контроль); оценка состояния экосистемы; откачка нефти с грунта; добавление в грунт сор-

бента; создание растительного биоценоза; оценка концентраций в почве и состояния биоценоза в местах загрязнения (контроль).

Организационные единицы (исполнители): химик, водитель.

Технические средства: приборы для отбора и анализа проб; самосвал; экскаватор; трактор-сеялка. Материалы: сорбент. Информационное обеспечение: база данных.

Предложен алгоритм структурного синтеза фрагмента экологической программы предприятия нефтяной отрасли:

Шаг 1. Выбор записи из БД о загрязненных участках.

Шаг 2. Инициализация параметров компонента природной среды.

Шаг 3. Проверка уровня загрязнения на превышение предельно-допустимого значения.

Шаг 4. Начало очередного шага моделирования. Вызов алгоритма соответствующего природоохранного мероприятия.

Шаг 5. Переход к следующей записи, если она не последняя. Иначе окончание цикла.

Пример формирования отчетных форм в среде моделирования MAPC.

Рассмотрим пример, как с помощью компьютерной модели, интегрированной с базой данных экологического мониторинга и программами, выполняется автоматизированный синтез фрагмента экологической программы. Выберем записи из БД по участкам загрязнения (рис. 2).

Загрязнение							
id	Среда	Тип	Причина	Степень	Концентрация	Площадь	Состояние растительности
1266	грунт, болото	нефтяное	отказ	сильное	5002	885,2	угнетена
1267	грунт, болото	нефтяное	отказ	среднее	3850	3488,6	сохранилась частично
1268	грунт, болото	нефтяное	отказ	среднее	1205	3886,4	сохранилась частично
1269	грунт, болото	нефтяное	отказ	слабое	203	10314,1	сохранилась частично

Рис. 2. Фрагмент записей из базы данных

Экспериментальным путем найдем оптимальные эколого-экономические показатели фрагмента экологической программы с помощью компьютерной модели созданной в среде MAPC и реализующей соответствующие модели и алгоритмы эксперимента (рис. 3).

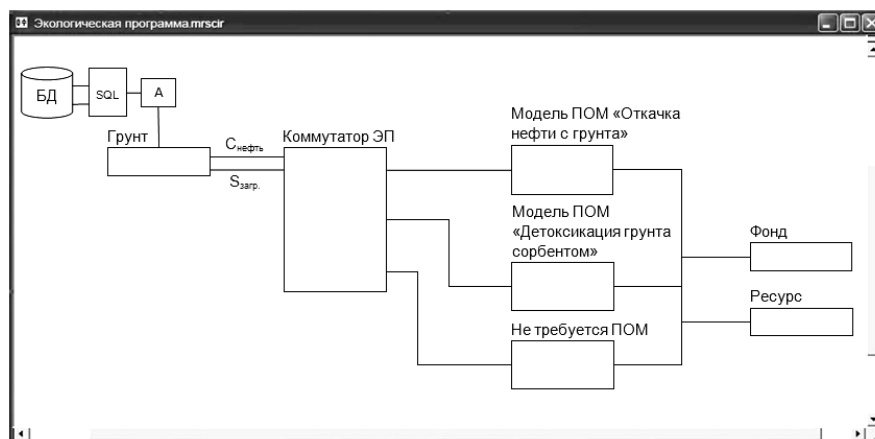


Рис. 3. Программная реализация фрагмента КМ ЭЭС для синтеза экологической программы в среде MAPC

В основе работы компонента «Коммутатор» реализован алгоритм структурного синтеза экологической программы по рекультивации нефтезагрязненных участков, алгоритмы экспериментов процесса «Откачка нефти с грунта» и процесса «Детоксикация грунта сорбентом».

В ходе эксперимента выполнен структурно-параметрический синтез фрагмента экологической программы предприятия нефтяной отрасли, результаты моделирования внесены в базу данных. На их основе сгенерирован отчет – фрагмент экологической программы в формате MS Excel (рис. 4) [5]. Здесь найденные оптимальные значения параметров технологических процессов и показателей экологической программы, включая затраты на выполнение природоохранных мероприятий, эффективность мероприятия, предотвращенный экологический ущерб и время выполнения мероприятий. Результаты можно использовать при синтезе инвестиционных программ предприятия.

Наименование ПОМ	Участок	Затраты, в тыс.руб.	Эффективность мероприятия, м.кв.	Предотвращенный экологический ущерб, в тыс.руб.	Время выполнения, ч	Параметры ТП ПОМ
Лицензионный участок						
1. Охрана и рациональное использование земельных ресурсов						
1.1. Рекультивация нефтезагрязненных участков						
1.1.1. Откачка нефти с грунта	1266	16	885.2	1062.24	2	Кол-во самосвалов 2 шт.; скорость загрузки 300м.куб./ч; скорость разгрузки 850м.куб./ч;
1.1.2. Детоксикация грунта сорбентом	1267	1011.6	3488.6	4186.32	9	Кол-во распылителей 2 шт.; Скорость подачи сорбента P1=4,5кг/м.кв. при Сн=3850мг/кг; скорость обработки грунта P2=200м.кв/ч; Цс=60руб.
1.1.3. Детоксикация грунта сорбентом	1268	788	3886.4	4663.68	10	Кол-во распылителей 2 шт.; Скорость подачи сорбента P1=3,1кг/м.кв. при Сн=1205мг/кг; скорость обработки грунта P2=200м.кв/ч; Цс=60руб.
Итого:		1815.6	8260.2	9912.24	21	

Рис. 4. Фрагмент экологической программы предприятия

Исследование и планирование приведенного фрагмента экологической программы без автоматизации процесса в масштабах предприятия может занимать недели, а с применением КМ ЭЭС – порядка нескольких минут.

Пример показывает, как с помощью КМ интегрированной с БД ИС, выполняется автоматизированный синтез фрагмента экологической программы предприятия нефтяной отрасли.

Заключение

1. Разработана универсальная структура базы данных по экологическому мониторингу и программам природоохранных мероприятий предприятий нефтяной отрасли.

2. Реализованы компоненты и алгоритм интеграции компьютерной модели эколого-экономической системы и информационных подсистем, позволяющие

формировать экологические программы, адекватные реальному состоянию объекта управления.

3. Разработан и исследован пример автоматизированного синтеза фрагмента экологической программы предприятия нефтяной отрасли. Применение компьютерной модели ЭЭС позволило автоматизировать процесс документирования программы и сократить трудозатраты до минут.

4. Внедрение интерактивных отчетных форм позволит сократить трудозатраты на формирование итоговой аналитической отчетности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ 13-07-00378 «Многоуровневые компьютерные модели для интеллектуального управления эколого-экономическими системами предприятий нефтегазового комплекса».

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. 281 с.
2. Дмитриев В.М., Ганджа Т.В., Затик О.С. Принцип адаптации компьютерной модели эколого-экономической системы для решения задач интеллектуального управления // Информатика и системы управления. 2014. №2(40). С. 27–39.
3. ГОСТ 17.4.3.01–83. Общие требования к отбору проб.
4. ГОСТ 28168–89. Почвы. Отбор проб.
5. Панов С.А. Формальный язык описания структуры документов и его интерпретация в формат метода компонентных цепей // Доклады ТУСУРа. 2014. № 1(31). С. 197–200.

УДК 681.51 (075.8)

**ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ
СИСТЕМ ДВИЖЕНИЯ**

Ю.М. Осипов, О.Ю. Осипов

Рассматриваются перспективы создания технологических комплексов двойного назначения на основе электромехатронных систем движения.

Ключевые слова: технологический комплекс двойного назначения, электромехатронная система движения.

Научная и производственная деятельность ученых и инженеров в системе обеспечения безопасности государства, боеготовности Вооруженных сил является ярким примером реализации им общественных потребностей в технологических комплексах двойного назначения:

1) с одной стороны, потребностью развития и усовершенствования общественного производства как базы для достижения экономического и военно-технического могущества страны. Для этого предлагается создавать робототехнические средства нового поколения для проведения технологических операций – сборки, стыковки, транспортирования, осмотра объектов и т.д. в нормальных и экстремальных условиях;

2) с другой – необходимостью исследования и освоения новых нетрадиционных пространств и сфер деятельности человека технологическими комплексами с робототехническими средствами нового поколения.

В настоящее время, в сравнении с большими достижениями в области интеллектуального управления робототехническими средствами технологических комплексов, технические достижения в части создания их основных элементов – исполнительных звеньев движений манипуляторов и роботов далеки от совершенства, так как конечная цель робототехнических средств любого технологического комплекса – манипулировать движениями рабочих органов. В данной работе мы рассматриваем электроприводы и соответственно пользуемся термином «электромехатроника», в основе которого лежит синергетическое объединение узлов электрических машин с механическими, электронными и компьютерными компонентами, обеспечивающее производство качественно новых устройств – электромехатронных модулей и систем движения (ЭМД и ЭМСД с интеллектуальным управлением соответственно) [1–3].

На рис. 1 технологический комплекс представлен как функциональный автомат, в котором можно выделить исполнительскую часть – операционный автомат (ЭМД) и управляющую часть – управляющий автомат. В оборудовании любого типа исполнение операционного автомата отражает в основном конструкторские представления о тенденциях развития функционального автомата, а исполнение управляющего автомата определяет уровень информационно-управляющего обеспечения.



Рис. 1. Блок-схема функционального автомата

Для решения некоторого класса задач может быть построено множество функциональных автоматов с различной сложностью операционных и управляющих автоматов. Существует общая закономерность: в рамках поставленных целей любое упрощение операционного автомата неизбежно влечет за собой усложнение управляющего автомата и наоборот. При этом более сложные операционные автоматы обычно обеспечивают более высокую производительность рабочих процессов, а более сложные управляющие автоматы обеспечивают при всех модификациях рабочих процессов более высокую гибкость.

Прогресс в области микропроцессорной техники, электроники, вычислительных средств способствовал существенному расширению функций управляющих автоматов, что привело к определенной трансформации концепции конструирования операционных автоматов. В настоящее время актуальное значение приобретают работы в области создания операционных автоматов, соответствующих высокому уровню развития управляющих автоматов.

Появились новая тенденция развития и технология проектирования в электромеханике – назовем ее электромехатроникой – конструктивные решения упрощаются: устраняются редукторы, кулачковые механизмы, преобразователи вращательного движения в поступательное и т.п. Новые магнитные материалы на основе редкоземельных металлов, новые электротехнические и конструкционные материалы определяют развитие электромехатроники и дают возможность применения электропривода прямого действия в проектировании операционных автоматов: техники вооружений (беспилотных летательных аппаратов, радиолокаторов, навигационных систем и роботов МЧС, МВД и МО), а также бытовой техники, медицины, т.е. в технологических комплексах двойного применения [1–5].

Сегодня существует множество ниш, в которых используются роботы и манипуляторы. Среди них как профессиональные роботы, спасающие жизни людей (способные обнаружить человека под завалом, уничтожить взрывное устройство или проверить состояние атомной электростанции во время аварии), так и роботы для обычной жизни вне зависимости от их специализации. В существующих манипуляторах и устройствах передвижения роботов-андроидов сочленения автоматизированных рук (ног) в подавляющем большинстве случаев одноосные, с

редукторным электроприводом. Чтобы осуществить движение, например руки (плечо, предплечье и т.п.) в трехосной системе координат, в ее конструкции необходимы до девяти одноосных сочленений. Это создает громоздкость в конструкциях, обеспечивает низкие скорости перемещений, требует сложных алгоритмов управления мультикоординатных движений. Множество интересных идей и изобретений в данный момент в части привода движущихся частей роботов находятся в стадии концепций или существуют только в виде прототипов. Прототипы и концепции – это то, что станет робототехническими средствами завтра. В большинстве отечественных и зарубежных роботах-манипуляторах применяются редукторные электроприводы, являющиеся источником погрешностей за счет приводных валов, зубчатых ремней, зубчатых передач и др. Для уменьшения влияния перечисленных факторов снижают нагрузки на приводы, разрабатывают рациональные конфигурации роботов, определенные траектории инструмента, ограничивают рабочее пространство и т.п. Этому свидетельствует современное состояние исследований и разработок многих компаний: Fanuc Ltd., Yaskawa Electric Corp., Fuji Machine Mfg. Co., Toshiba Machines Co., Okuma Corp., Mori Seiki Co., Makino Milling Machines Co., Hitachi Seiki Co.: Япония, Broetie-Automation GMBH, Германия; ЦНИИ РТК, Россия, и др. [1–6].

Указанных выше недостатков можно избежать, если разрабатывать робототехнические средства с сочленениями автоматизированных рук (ног) на основе нового функционального элемента – «активной» карданной передачи (АКП), обеспечивающей интегральное движение каждого элемента робототехнической системы, например руки (плеча, предплечья и кисти) [1, 2]. Проведенные к настоящему времени научные исследования сотрудниками отделения кафедры ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии» Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники в области создания технологических комплексов, робототехнических средств с характеристиками движений, приближенных к естественным движениям человека (от эластичных, ползучих скоростей до резких и быстрых движений, адаптированных к текущему событию) с освоением сложных и точных движений, описаны авторами в статьях, патентах, монографиях, в которых кратко изложены основные полученные результаты. В них для получения прорывных результатов в характеристиках движений робототехнических средств, приближенных к естественным движениям человека (от эластичных, ползучих скоростей до резких и быстрых движений, адаптированных к текущему событию) с освоением сложных операций не только в экстремальных и чрезвычайных ситуациях, предлагается создавать робототехнические средства и манипуляторы, в том числе роботы-андроиды, с сочленениями автоматизированных рук (ног) на основе нового функционального элемента – «активной» карданной передачи (АКП), обеспечивающей интегральное движение каждого элемента робототехнической системы, например руки (плеча, предплечья и т.п.) [1–5].

Отделением кафедры ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии» и обществом с ограниченной ответственностью «Электромехатронные системы» совместно выполнены следующие НИОКР:

1. Разработка и изготовление экспериментального образца сферического манипулятора для лазерного технологического комплекса [8–10].
2. Разработка эскизно-технических проектов лечебно-оздоровительных тренажеров «Всадник» и «Желоб» [7].

3. Разработка и изготовление экспериментального образца автономной электростанции с фотоэлектрическими панелями, автоматически ориентированными на Солнце.

4. Разработка и изготовление опытных образцов системы высокоточного позиционирования для рентгеновского микротомографа для исследования образцов материала органической и неорганической природы [11, 12].

5. Разработка и изготовление опытных образцов опорно-поворотного устройства для исследования характеристик антенн.

6. Разработка и изготовление устройства для неразрушающего контроля качества изготовления и калибровки ТВЭЛов.

Обобщен опыт НИОКР, выполненных отделением кафедры ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии» и обществом с ограниченной ответственностью «Электромехатронные системы», в связи с чем предлагается следующее.

1. Создание кооперации соисполнителей, необходимой для решения проблем разработки робототехнических средств технологических комплексов на основе нового функционального элемента – «активной» карданной передачи в составе:

- отделения кафедры ЮНЕСКО (ОКЮ) «Новые материалы и технологии» – учебное подразделение ТУСУРа с научно-исследовательской лабораторией «Мультикоординатная электромехатроника», выполняющее НИР;

- базового предприятия ОКЮ – общество с ограниченной ответственностью «Электромехатронные системы (ООО «ЭМС»))» – малое инновационное предприятие, организованное по ФП №217 при ТУСУРа, являющееся участником технологической платформы «Технологии мехатроники, встраиваемых систем управления, радиочастотной идентификации и роботостроение», выполняющее разработку схемотехнической и программной документации;

- индустриального партнера – открытое акционерное общество «Томский электротехнический завод» – современное предприятие с весомым техническим потенциалом, собственной производственной и испытательной базой, обеспечивающими выпуск современной наукоемкой продукции, входящее в ОАО «НПК «Уралвагонзавод».

2. Исследование основных вопросов и создание основ теории и методологии АКП:

- методики интеллектуального схемотехнического проектирования – это осуществление в инновационных процессах преобразования информации и энергии в системе «человек – орудие труда – предмет труда – окружающая среда» с использованием интеллектуально-креативных ресурсов работников на основе знаний, полученных ими в образовательном процессе, включая их эвристическое, творческое мышление и используемых ими метаданных интеллектуальных систем проектирования, синергетически интегрирующие электромеханические, электронные и компьютерные средства управления, в результате чего создаются новшества – объекты промышленной собственности разных уровней защищенности (мировые, страновые, отраслевые, региональные и т.д.), вовлекаемые в экономический оборот;

- математических моделей и алгоритмов взаимосвязанных пространственных движений групп-сочленений на АКП, например для сборочного манипулятора или автоматизированной «руки» манипуляционного робота;

- системы аккумуляторного электропитания и управления АКП напряжением 24–27 В с возможностью размещения компонентов устройств электропитания

и управления в конструктивах мобильных робототехнических систем, в том числе в «руках (ногах) и теле» робота-андроида;

- методики расчета магнитной проницаемости воздушного зазора и электромагнитных движущих сил электромехатронных модулей движения (ЭМД) АКП с энергоактивным магнитопроводом;

- методики автоматизированного прогнозирования массогабаритных, силовых и скоростных характеристик ЭМД для согласования позаказного производства;

- автоматизированных технологий выставки магнитопроводов индуктора и ротора ЭМД;

- системы автоматизированного проектирования конструкторской документации мобильных робототехнических систем с сочленениями на основе АКП.

3. Создание научно-исследовательского института электромехатроники с опытным производством.

Заключение

1. При разработке функционального автомата решалась компромиссная задача, в которой сделан акцент на операционные или управляющие средства, где определенную роль играет уровень технических средств, используемых соответственно для построения операционного и управляющего автоматов.

2. В основе теории и методологии робототехнических систем с сочленениями нового типа будут лежать принципы интеграции и совмещения конструкций электромеханических, электронных и компьютерных компонентов, технологии уравнивания подвижных частей и совмещения магнитопроводов индукторов и энергоактивных роторов, оптимизации магнитодвижущих сил конструкций пассивных и активных магнитопроводов и их составных элементов, обмоток и т.д.

3. Внедрение активной карданной передачи позволит получить прорывные результаты в характеристиках движений робототехнических средств, приближенных к естественным движениям человека (от эластичных, ползучих скоростей до резких и быстрых движений, адаптированных к текущему событию).

4. Новизна предлагаемых подходов к решению научной задачи показывает целесообразность проведения теоретических и экспериментальных исследований, возможность получения результатов, способных к правовой охране в виде изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, программ для ЭВМ, баз данных, секретов производства (ноу-хау).

5. Обозначены роль и место результатов проекта в системе обеспечения безопасности государства за счет реализации результатов проекта:

- усиление конкурентных позиций отечественных производителей в соответствии с критерием оптимизации «цена–качество» – главным критерием конкурентности высокотехнологичной продукции, который позволяет учесть и экономические требования (цена), и производственно-технические требования (качество продукции);

- повышение уровня готовности экономики страны до 2030 г., в том числе при борьбе с терроризмом, решении оборонных задач, пожаротушения, освоении космоса и глубин Мирового океана, проблем атомной энергетики и опасных производств, медицины.

6. Оценена значимость результатов выполнения проекта для создания и реализации новых классов вооружения, средств обеспечения боевых действий, про-

дукции специального и двойного назначения, определяющих мировой уровень, – чрезвычайно высока.

7. Проанализирован прогноз технологического развития – результаты проекта позволят сделать следующий шаг – разработать робототехнические средства с ЭМД с гибкими управляемыми магнитопроводами, обладающими высокой тактильной чувствительностью и сенсорными свойствами.

Литература

1. Осипов Ю.М. Операционные автоматы с электроприводом прямого действия / Ю.М. Осипов. Томск : ИПФ ТПУ, 1997. 200 с.
2. Термин «электромехатроника» [Электронный ресурс]. Режим доступа: ru.wikipedia.org
3. Осипов О.Ю. Мультикоординатные электромехатронные системы движения / О.Ю. Осипов, Ю.М. Осипов, С.В. Щербинин. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. 320 с.
4. Осипов Ю.М., Осипов О.Ю. Создание изделий экстремальной робототехники на основе «активной» карданной передачи: труды 7-го Междунар. симпозиума «Экстремальная робототехника – робототехника для работы в условиях опасной окружающей среды (RISE-ER'2013)». СПб.: Политехник-сервис, 2013. С. 177–179.
5. Заявка №2013158775/20(091527) на изобретение «Активная карданная передача», поданная в ФИПС заявителем ООО «Электромехатронные системы» с приоритетом от 27.12.2013 г.
6. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.info-japan.ru/articles/yaponiya-strana-robotov>; <http://www.rtc.ru>; <http://www.gruppa-prolif.ru>; <http://robot-world.ru>; <http://www.robotics.ru>; <http://ohranatruda.ru>
7. Патент РФ №2361567. Электромеханический тренажер / Ю.М. Осипов и др. – Оpubл. 20.07.2009. Бюл. № 20.
8. Патент РФ №2353044. Способ согласования электромагнитных систем и систем с постоянными магнитами / Ю.М. Осипов. Оpubл. 20.04.2009. Бюл. № 11.
9. Патент РФ №2365888. Устройство для контроля параметров неуравновешенности подвижной системы / Ю.М. Осипов. Оpubл. 27.08.2009. Бюл. № 24.
10. Патент №2365488 РФ. Манипулятор-платформа / Осипов Ю.М. Оpubл. 20.10.2009. Бюл. № 29.
11. Патент РФ №2505392. Манипулятор рентгеновского микротомографа / Ю.М. Осипов и др. Оpubл. 20.04.2014. Бюл. № 1.
12. Патент РФ № 2505800. Способ рентгеновской томографии и устройство для его осуществления / Ю.М. Осипов и др. Оpubл. 20.04.2014. Бюл. № 1.

УДК 621.313

ДВУХКООРДИНАТНОЕ СОЧЛЕНЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

*Д.В. Сухушин, М.Г. Шепеленко, П.Ю. Ивашутенко,
С.В. Пакалка, О.Ю. Осипов*

Рассматриваются схемоконструкторские представления мультикоординатного сочленения для робототехнических устройств на основе электромехатронной «активной» карданной передачи.

Ключевые слова: активная карданная передача, мультикоординатное сочленение.

Электромехатронная система движения «активная карданная передача» может быть использована для сочленений элементов робототехнических средств автоматизированных технологических комплексов (например, автоматизированная «рука» сборочного автомата, робота-хирурга, в том числе руки и ноги робота-андроида), где необходима кинематическая подвижность с близкими к характерным для конечностей человека движениями [1, 2].

Разработаны несколько конструкторских компоновок активных карданных передач (АКП).

На рис. 1 представлен общий вид двухкоординатного АКП № 1, обеспечивающего поворотное движение выходных элементов – дуговых индукторов 2, расположенных в взаимно перпендикулярных плоскостях при помощи направляющих и кареток 3 относительно дуговых магнитопровод-роторов 1 с постоянными магнитами, которые размещены взаимно перпендикулярно и жестко закреплены между собой. Максимальный угол поворота дуговых индукторов 2 не более 50° . Расстояние между центрами поворотов может быть больше или равно нулю. Габаритные размеры АКП № 1 – $109 \times 144,5 \times 144,5$ мм. Недостаток компоновки АКП №1 – постоянный изгиб проводов электропитания и связи из-за движущихся дуговых индукторов 2.

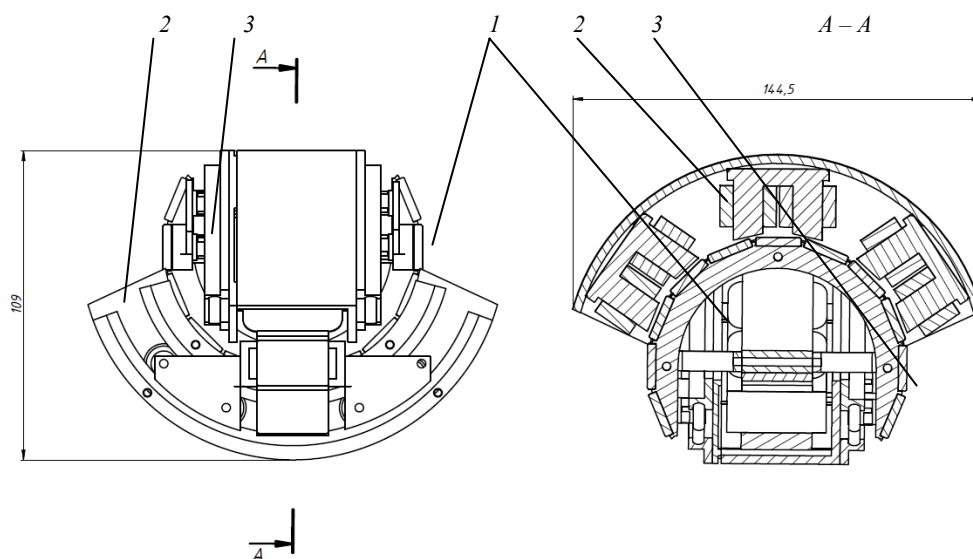


Рис. 1. Общий вид АКП №1

На рис. 2 представлен общий вид двухкоординатного АКП № 2, обеспечивающего поворотное движение выходных элементов – магнитопровод-роторов 1, расположенных в взаимно перпендикулярных плоскостях и смонтированных в осях дуговых индукторов 2, которые между собой неподвижно закреплены. В АКП по каждой оси поворота размещены датчики обратной связи 3. Кроме того, АКП должен иметь взаимное механическое торможение по каждой оси относительного поворота дуговых индукторов и магнитопровод-роторов. Предложена конструкция, выполненная с возможностью торможения при помощи тормозных колодок, встроенных между электромагнитной системой дуговых индукторов 2 и магнитопровод-роторов 1, прижимаемых пружиной к магнитопровод-ротору 1 в момент отсутствия электропитания в обмотках дуговых индукторов 2.

Максимальный угол поворота магнитопровод-роторов 1 более 125° . Между центрами поворотов имеется расстояние в два радиуса дуговых индукторов 2 . Габаритные размеры АКП № 2 – $245,6 \times 152 \times 152$ мм. Расчетный движущий электромагнитный момент по каждой координате – 150 Нм. Устранен недостаток компоновки АКП №1 – постоянный изгиб проводов электропитания и связи из-за движущихся дуговых индукторов 2 .

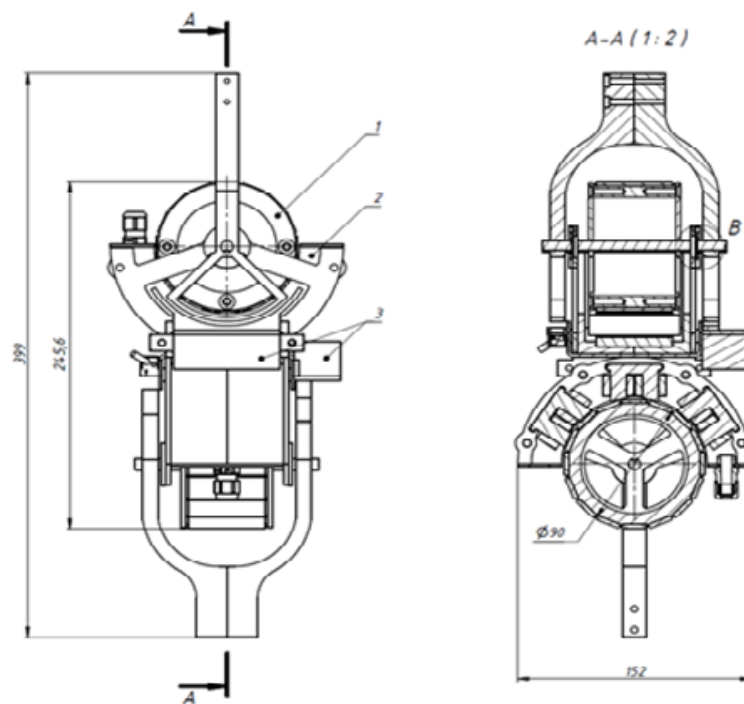


Рис. 2. Общий вид АКП № 2

На рис. 3 представлен экспериментальный образец двухкоординатного АКП № 2, который в настоящее время проходит испытания на работоспособность и соответствие получаемых характеристик расчетным.

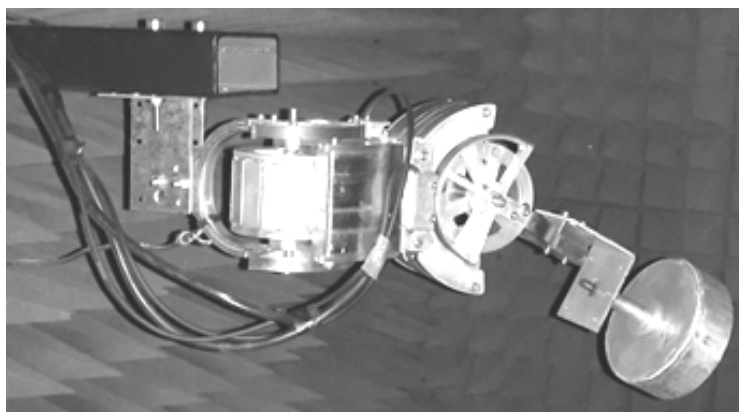


Рис. 3. АКП № 2 на стенде в безэховой камере с антенной

Заключение. Для изготовления экспериментального образца была выбрана АКП № 2, имеющая конструктивные преимущества:

- больший угол поворота выходного элемента в сравнении с АКП № 1 (порядка 125–180°);
- возможность установки датчиков обратной связи и электромагнитных тормозов, не увеличивая габариты конструкции;
- надежность эксплуатации электропроводов электропитания и обратной связи за счет неподвижных дуговых индукторов 2.

Литература

1. Осипов О.Ю. Мультикоординатные электромехатронные системы движения / О.Ю. Осипов, Ю.М. Осипов, С.В. Щербинин. Томск: Из-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2010. 320 с.
2. Осипов Ю.М., Осипов О.Ю. Создание изделий экстремальной робототехники на основе «активной» карданной передачи: труды 7-го Междунар. симпозиума «Экстремальная робототехника для работы в условиях опасной окружающей среды» (7th IARP RISE-ER'2013. СПб.: Политехник-сервис, 2013. 556 с.

УДК 336.144

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА СОГЛАСОВАНИЯ ПОЗАКАЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ

М.Г. Шепеленко, Н.Ю. Изоткина

Разработана функциональная структура автоматизированной системы процесса согласования заказа производства инновационной продукции, позволяющая решать проблемы оценки и принятия решений при регулярно повторяющихся задачах: с регламентированными формами входных и выходных документов, с произвольной выборкой информации по запросу; аналитического и исследовательского характера.

Ключевые слова: функциональная структура, процесс согласования заказа производства инновационной продукции, электромехатронные системы движения.

Для реализации процесса согласования заказа производства инновационной продукции необходимо спрогнозировать функциональную модель процесса, представить гипотетические образы участников инновационной продукции, технологий и оборудования данного производства и т.п., т.е. разработать сценарий процесса согласования. Решение поставленной задачи требует выбора технологии разработки функциональной структуры автоматизированной системы процесса согласования инновационной продукции (АСПС ИП). Данная технология должна:

- гарантировать достижение целей АСПС ИП с заданным качеством и в установленное время;
- позволять осуществлять деление системы на отдельные слабо связанные по данным и функциям подсистемы, разрабатываемые группами специалистов с последующей интеграцией составных частей;
- предусматривать возможность управления конфигурацией системы, разработки более совершенных и расширенных версий системы;

– обеспечивать независимость проектных решений от программных средств (СУБД, операционных систем и языков).

В качестве методологической основы построения функциональной структуры АСПС ИП предлагается использовать CASE (Computer Aided Software Engineering)-технологии создания и сопровождения информационных систем. В нашем случае данная технология предлагает набор инструментальных средств, позволяющих в наглядной форме моделировать предметную область, анализировать АСПС ИП на всех этапах разработки, разрабатывать приложения и базы данных о качестве инновационной продукции в соответствии с информационными потребностями участников-субъектов автоматизированного (компьютерного) процесса согласования. Использование CASE-технологии в АСПС ИП позволит увеличить производительность труда субъектов (предпринимателей, менеджеров, экспертов, программистов и т.п., улучшить качество программного продукта, поддержать эффективный регламент компьютерного процесса согласования субъектов, обеспечить другие требования.

CASE-средства представляют собой диаграммы и описания связей между блоками АСПС ИП, раскрывающих поведение системы и субъектов компьютерного процесса согласования позаказного производства. Диаграммы являются главными компонентами функциональной структуры АСПС ИП, и интерфейсы на них представлены как блоки и дуги. Место соединения дуги с блоком определяет тип интерфейса. Требования, ограничения и другая управляющая информация входят в блок сверху. Информация, которая подвергается обработке, показана с левой стороны блока, а результаты выхода – с правой. Механизм (субъект процесса согласования позаказного производства), который осуществляет операцию, представляется дугой, входящей в блок снизу.

Одной из наиболее важных особенностей CASE-технологии является постепенное введение дополнительных уровней детализации. Каждая функция модели может быть декомпозирована на другой диаграмме, которая иллюстрирует «внутреннее строение» блока на родительской диаграмме.

Организационный регламент деятельности по CASE-технологии представляет собой множество ориентированных на достижение цели взаимосвязанных мероприятий, имеющих временную, технологическую и ресурсную компоненты. Возможность применения CASE-технологии подтверждается наличием в предлагаемых концепциях процесса согласования позаказного производства на базе АСПС ИП характерных признаков организационного регламента деятельности: периодичность, временная и ресурсная взаимосвязь процедур; относительная стабильность состава субъектов и структуры требований; многовариантность стратегий реализации процесса согласования. Это позволяет использовать при автоматизации управления данными процедурами процесса согласования формальные модели и алгоритмы. Разработка процедуры принятия решения о позаказном производстве субъектами процесса согласования в АСПС ИП означает распределение функций между ними, задание языка и регламента процесса согласования во времени выполнения этих функций. Регламентом процесса согласования в данном случае является конечная, упорядоченная совокупность взаимосвязанных действий субъектов по формированию управленческих решений. Язык диалога описывает состав и взаимодействие субъектов, степень декомпозиции функций АСПС ИП, виды перерабатываемой информации с качественной и количественной сторон, что позволяет оценить полноту реализации концепций

процесса согласования позаказного производства инновационной продукции, обеспечить анализ реализации принятых управленческих решений.

В рамках CASE-методологии для разработки АСПС ИП предлагается использовать IDEF0-методологию построения функциональных моделей объектов. В соответствии с IDEF0-методологией осуществляется последовательная декомпозиция главной обобщенной функции АСПС ИП на совокупность более мелких.

Весь организационный регламент компьютерного процесса согласования позаказного производства инновационной продукции в АСПС ИП формулируется в виде модели «черного ящика» и изображается в виде одного блока, имеющего интерфейсы с внешней средой (рис. 1).

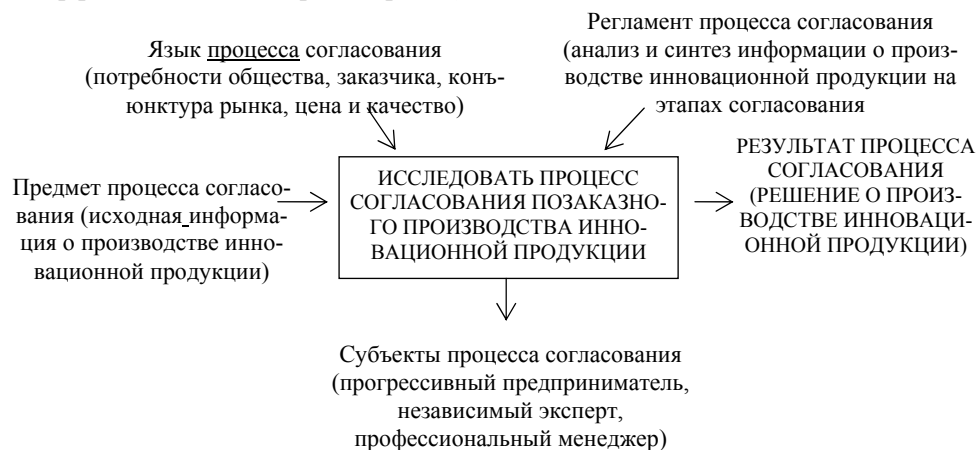


Рис. 1. IDEF0-диаграмма главной обобщенной функции АСПС ИП

В дальнейшем формализованная декомпозиция обобщенной функции реализована с использованием «моделей декомпозиции» в виде блоков функций, описывающих набор взаимосвязанных мероприятий организационного регламента, а дуги (стрелки) определяют условия выполнения данного мероприятия. При этом:

- входящие дуги слева от блока (предмет диалога) описывают ресурсы, требующиеся для реализации функций;
- входящие дуги сверху от блока (язык и регламент диалога) являются управляющими условиями, определяющими цели и ограничения реализации функции;
- входящие дуги снизу (субъекты диалога) представляют собой механизмы реализации функций при описании организационных регламентов;
- выходящие стрелки (результаты компьютерного диалога) отображают результат выполнения функции.

Графическое представление отдельных мероприятий организационного регламента компьютерного процесса согласования позаказного производства инновационной продукции имеет соответствующую задачам исследования конкретную интерпретацию: входы преобразуются в выходы, управление ограничивает либо предписывает условие реализации функций, а механизмы показывают, кем выполняется функция.

Блок, получающий данные, не может быть реализован, пока не будут получены данные, производимые другими блоками, либо не поступят из внешней среды. При этом возможны случаи, когда несколько функций на диаграмме могут выполняться одновременно. Последняя характеристика выхода описывает

конечный информационный продукт исполнения регламента – решение процесса согласования позаказного производства инновационной продукции. На основе IDEF0-диаграмм разработана обобщенная структура АСПС ИП, включающая три подсистемы.

Заключение. АСПС ИП является человеко-машинной системой, которая позволяет субъектам процесса согласования позаказного производства инновационной продукции на основе разработанной обобщенной структуры в рамках решения слабоструктурированной проблемы оценки и принятия решений решать три типа задач:

- регулярно повторяющиеся задачи с регламентированными формами входных и выходных документов;
- информационно-справочные задачи с произвольной выборкой информации по запросу;
- задачи аналитического и исследовательского характера.

Каждый из трех структурных элементов АСПС имеет необходимые программные блоки, выполняющие соответствующие функции IDEF0-диаграмм. В основу построения программного комплекса АСПС ИП положен модульный принцип. Программные блоки состоят из отдельных подпрограмм, что позволяет эффективно осуществлять их модификацию и расширение.

УДК 621.313

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОГЛАСОВАНИЕ МАГНИТОПРОВОДОВ
ИНДУКТОРОВ И РОТОРА С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ
ЭЛЕКТРОМАШИННОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ
МОДУЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ**

В.В. Шуваев, С.В. Пакалка

Для повышения качества и точности функционирования электромехатронных модулей движения, повышения производительности труда при сборке разработана методология автоматизированного согласования магнитопроводов 2, 3, ..., n индукторов и ротора с постоянными магнитами их электромашинной части.

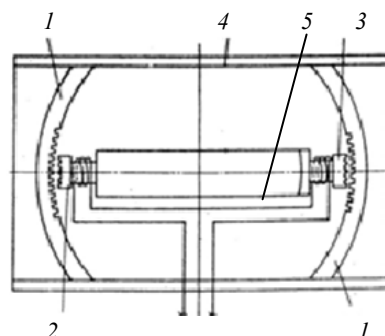
Ключевые слова: качество и точность функционирования электромехатронных модулей движения, электромашинная часть, магнитопроводы 2, 3, ..., n индукторов, ротор с постоянными магнитами.

Технико-эксплуатационные показатели функционирования электромехатронных модулей движения (ЭМД): движущее усилие (момент), точность позиционирования, повторяемость перемещения и т.п. в значительной мере зависят от качества согласования магнитопроводов 2, 3, ..., n индукторов и ротора с постоянными магнитами электромашинной части (ЭМЧ) [1].

Известен способ согласования магнитопроводов индукторов и ротора по патенту РФ №2353044, позволяющий производить согласование зубцовых и полюсных зон электромагнитных устройств и устройств с постоянными магнитами во время технологического процесса сборки реального оборудования, например манипулятор-платформы лазерного технологического комплекса (ЛТК) [2].

На рис. 1 представлено схематическое изображение компоновки ЭМЧ ЭМД одной из координат манипулятор-платформы ЛТК, включающей симметрично расположенные относительно оси прокатки дуговые гребенчатые магнитопроводы 1, смонтированные на корпусе 4, ротор-платформу 5 с индукторами 2 и 3.

Рис. 1. Схематическое изображение компоновки ЭМЧ ЭМД одной из координат манипулятор-платформы ЛТК



На направляющих симметрично расположенных дуговых гребенчатых магнитопроводов 1, установленных на корпусе манипулятор-платформы, смонтирована при помощи подшипников качения и направляющих качающаяся платформа-ротор, где смонтированы ответные части ЭМЧ ЭМД – индукторы 2 и 3 с гребенчатыми магнитопроводами и обмотками.

Технологический процесс выставки выполняется следующим образом. Фиксируют базовый индуктор 2 электромагнитной системы платформы-ротора неподвижно относительно дуговых гребенчатых магнитопроводов 1, генерируют электромагнитные поля индукторами 2 и 3, при этом зубцы индукторов 2, 3 платформы-ротора и зубцы дуговых гребенчатых магнитопроводов 1 взаимно притягиваются и фиксируются электромагнитным полем. Затем производят неподвижную фиксацию (например, штифтами) индукторов 2 и 3 относительно друг друга на платформе-роторе. Технологический процесс позволяет усреднить ошибку шагов между зубьями гребенчатых магнитопроводов дуговых гребенчатых магнитопроводов 1 и платформы-ротора за счет дифференциальной выставки зубчатых зон индукторов 2 и 3 платформы-ротора и дуговых гребенчатых магнитопроводов 1 по максимуму магнитной проводимости.

На основе данного способа согласования магнитопроводов по патенту РФ № 2353044 предложена компьютерная методика электромагнитного согласования 2-индукторной ЭМЧ (разработаны алгоритм действий и программное обеспечение), выполняемая по представленной схеме (рис. 2) [3].

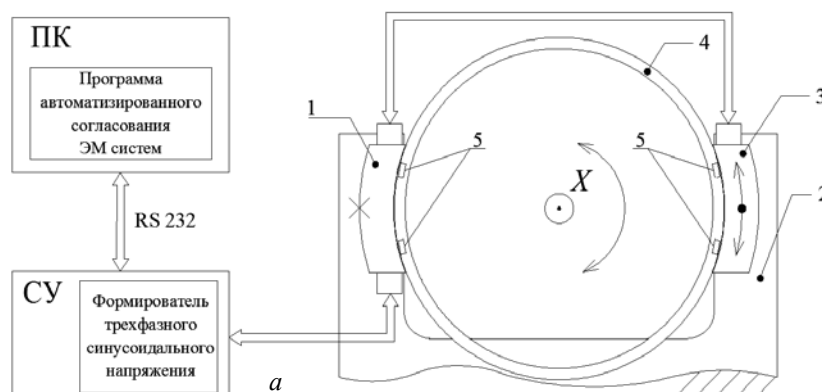


Рис. 2 (начало)

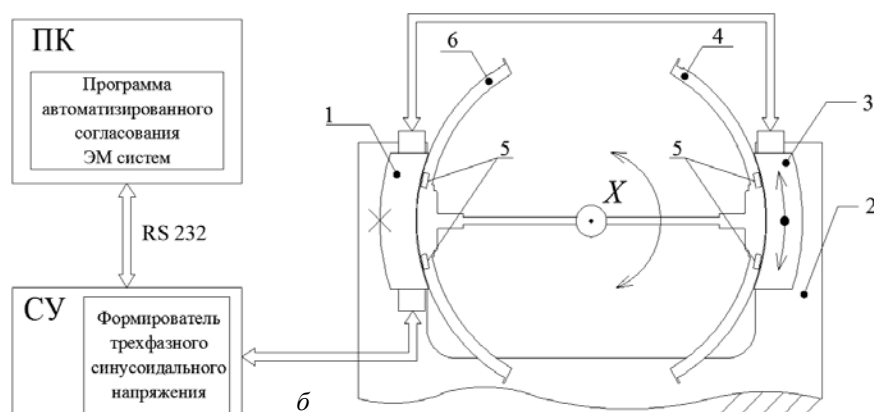


Рис. 2 (окончание). Схема электромагнитного согласования 2-индукторной ЭМЧ

В случаях применения в конструкциях ЭМЧ-устройств с ЭМД двух и более индукторов компьютерная методика потребовала доработки алгоритма действий и программного обеспечения, что было выполнено в данной работе. Алгоритм действий выглядит следующим образом (рис. 3).

1. Индуктор 1 является базовым. Базовый индуктор 1 фиксируют относительно электромагнитной системы ЭМЧ неподвижно при помощи крепежных винтов (или штифтов).

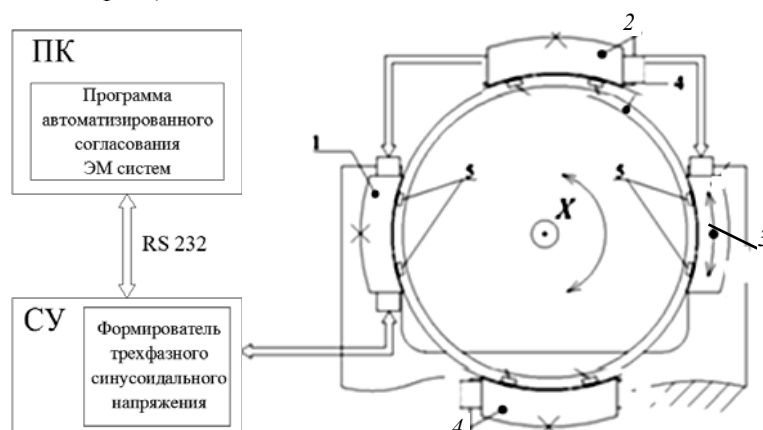


Рис. 3. Схема электромагнитного согласования 2, 3, 4, ..., n индукторной ЭМЧ

2. Производят предварительное фиксирование индукторов 2, 3, 4, ..., n путем легкой затяжки крепежных винтов на электромагнитной системе ЭМЧ таким образом, чтобы обеспечить возможность свободного перемещения их вокруг оси X на величину $\pm(0,1-0,5)$ мм. Для этого отверстия, при помощи которых осуществляется крепление индукторов 2, 3, 4, ..., n на электромагнитной системе ЭМЧ, выполняют дуговыми.

3. Демонтируют направляющие ролики 5 и на место штатного магнитопровода ротора устанавливают технологический ротор-калибр, выполненный с более точным и равномерным размером шагов между магнитами (см. рис. 3).

4. После установки технологического ротора-калибра направляющие ролики устанавливают на прежнее место. Перед установкой технологического ротора-калибра на его внешнюю поверхность закрепляют фторопластовую ленту, тол-

щина которой должна соответствовать расчетной величине воздушного зазора. Фторопластовое покрытие необходимо для обеспечения низкого усилия трения при движении ротора, а также для установки требуемого воздушного зазора индуктор–ротор при согласовании.

5. Ослабляют винты крепления индукторов 2, 3, 4, ..., n до тех пор, пока не будет обеспечен свободный поворот ротора с постоянными магнитами вокруг оси X .

6. Обмотки индукторов 2, 3, 4, ..., n соединяют последовательно и подключают выводы обмоток к соответствующим клеммам формирователя трехфазного синусоидального напряжения СУ (см. рис. 3) и запускают через ПК-программу «Согласование магнитопроводов мультииндукторной системы (МС) ЭМД».

7. Для выполнения согласования магнитопроводов МС ЭМД в автоматическом режиме нажимают кнопку «Выполнить согласование», при этом производится подача питания в обмотки ЭМД, выполняется поворот индукторов 2, 3, 4, ..., n относительно ротора с постоянными магнитами. После завершения согласования обмотки индукторов 2, 3, 4, ..., n не обесточивают, ЭМД находится в зафиксированном состоянии под воздействием электромагнитного поля индукторов 2, 3, 4, ..., n .

8. Производят предварительную механическую фиксацию индукторов 2, 3, 4, ..., n путем затяжки крепежных винтов на электромагнитной системе ЭМЧ. После этого отключают СУ, обесточивают обмотки ЭМД.

9. Демонтируют направляющие ролики 5 и на место технологического ротора-калибра устанавливают штатный дуговой (или круговой) ротор и монтируют ролики на прежнее место окончательно.

10. Включают питание СУ, и производится подача питания в обмотки ЭМД. Под воздействием электромагнитных сил штатная электромагнитная система ЭМЧ приходит в согласованное состояние.

11. Производят окончательную механическую фиксацию индукторов 2, 3, 4, ..., n путем затяжки крепежных винтов (штифтованием). Выключают СУ, приостанавливая подачу питания в обмотки ЭМД-сборка электромагнитная система ЭМЧ закончена.

Заключение. Автоматизированное согласование 2, 3, 4, ..., n индукторов и ротора ЭМЧ с использованием ПК дает возможность получить качественное согласование, позволяющее максимальное движущее усилие (момент), точность позиционирования и повторяемость перемещения до $\pm 0,001$ мм, повысить производительность труда при сборке ЭМД. Разработана оригинальная программа для ПК, позволяющая контролировать качество сборки ЭМД.

Литература

1. Осипов О.Ю. Мультикоординатные электромехатронные системы движения / О.Ю. Осипов, Ю.М. Осипов, С.В. Щербинин. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2010. 320 с.
2. Патент 2353044 РФ. МПК H02K15/00. Способ согласования электромагнитных систем и систем с постоянными магнитами / Ю.М. Осипов. № 2005104032/11; заявл. 16.02.2005; опубл. 20.04.2009. Бюл. № 11.
3. Медведев Д.А. Алгоритм построения однокоординатного уравновешенного привода на основе дугowych электромехатронных модулей движения: доклад, тезисы доклада / Д.А. Медведев // Электронные средства и системы управления. Итоги реализации программы развития электроники и IT-технологий в Томской области. Томск: В-Спектр, 2009. С. 155–157.

УДК 621.373.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАТОРА
В СРЕДЕ SIMULINK

А. Галиев, А.А. Лукина, А.С. Задорин

Рассмотрена математическая модель оптоэлектронного генератора в среде SIMULINK. Даны определения и способы снижения фазового шума путем использования гибридных технологий.

Ключевые слова: оптоэлектронный генератор, среда SIMULINK.

Любой автогенератор (АГ), как известно, представляет собой нелинейное устройство, преобразующее энергию питания в энергию колебаний [1]. Таким образом, независимо от методологической архитектуры АГ должен включать в себя источник питания, усилитель, нелинейный элемент, резонансную накопительную цепь и цепь обратной связи. Рассматриваемый в настоящей работе оптоэлектронный генератор (ОЭГ), структурная схема которого показана на рис. 1, содержит все перечисленные элементы.

На этой схеме лазерный свет передающего оптического модуля управляется электрооптическим модулятором (ЭОМ), обеспечивающим модуляцию интенсивности света сигналом СВЧ-колебаний. Модулированный свет далее через линию задержки (ЛЗ), выполненную на одномодовом оптическом волокне (ОВ), поступает на приемный оптоэлектронный модуль (ПОЭМ), преобразующий энергию модулированного светового поля в электрический сигнал.

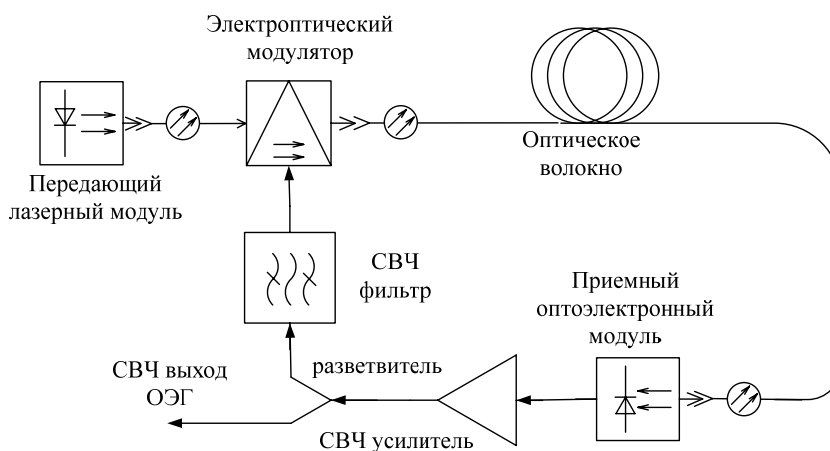


Рис. 1. Структурная схема ОЭГ

Этот сигнал затем усиливается, фильтруется и подается обратно на электрический порт модулятора, образуя цепь положительной обратной связи ОЭГ. В указанной схеме нелинейным элементом является ЭОМ, а накопительной цепью – волоконно-оптическая линия задержки.

Указанная методология построения АГ привлекает большой интерес специалистов в силу чрезвычайно высокой спектральной чистоты сигнала ОЭГ, определяемых уровнем случайных флуктуаций амплитуды и фазы формируемого им сигнала [2].

Уровень указанных флуктуаций играет ключевую роль в технике генерации синусоидальных сигналов радиолокационных систем, систем спутниковой связи, устройств обработки изображений и т.д.

На высоких и особенно сверхвысоких частотах фазовый шум (ФШ) сигнала ведет к паразитной фазовой и частотной модуляции, расширению спектра сигналов и порою невозможности применения сигналов в трактах радиосвязи и в измерительных системах.

Математически идеальный синусоидальный сигнал описывается как:

$$V(t) = V_0 \sin(2\pi f_0 t),$$

где V_0 – амплитуда сигнала; f_0 – частота сигнала.

Реальный сигнал правильнее моделировать как

$$V(t) = [V_0 + \varepsilon(t)] \sin(2\pi f_0 t + \Delta\phi(t)), \quad (1)$$

где $\varepsilon(t)$ – амплитудные флуктуации; $\Delta\phi(t)$ – флуктуации фазы [2].

Для того чтобы исследовать динамику ОЭГ, сформулируем математическую модель ОЭГ [4]. Для этого рассмотрим АЧХ линейного полосно-пропускающего СВЧ-фильтра (ППФ) в схеме рис. 1. В частотной области ППФ характеризуется верхней граничной частотой с временным откликом τ и нижней граничной частотой с соответствующим временным откликом θ . Простейшему описанию такого ППФ в частотной области соответствует фильтр второго порядка со следующей АЧХ:

$$H(i\omega) = S \frac{i\omega\theta}{(1+i\omega\theta)(1+i\omega\tau)} = \frac{U(i\omega)}{P(i\omega)}. \quad (2)$$

В уравнении (2) $U(i\omega) \equiv V(i\omega)/G$ и $P(i\omega)$ определяются как преобразование Фурье от выходного напряжения $u(t)$ и входной оптической мощности $p(t)$ фото диода.

Из уравнения (2), используя правила преобразования из области Фурье, переходим к временной области $[i\omega \rightarrow d/(dt)u(i\omega)^{-1} \rightarrow \int dt]$, получаем искомую динамическую связь входных и выходных сигналов ППФ:

$$\tau v'(t)/G + \left(1 + \frac{\tau}{\theta}\right)v(t)/G + \frac{1}{\theta} \int_{t_0}^t v(s)/G ds = \alpha P_0 S \cos^2 \left[\pi \frac{v(t - \tau_D)}{2V_{\pi, rf}} + \Phi \right], \quad (3)$$

где входящие в (3) величины и характерные значения соответствующих параметров приведены в таблице. Пренебрегая значением $\tau/\theta \cong 2,45 \cdot 10^{-6}$ и вводя безразмерные переменные, уравнение (3) приводится к виду

$$\tau x' + x + \theta^{-1} \int_0^t x ds = \beta \left\{ \cos^2 [x(t - \tau_D) + \Phi] - \cos^2(\Phi) \right\}. \quad (4)$$

Рассмотрим далее процесс моделирования динамики автоколебательной системы, описываемые дифференциальными уравнениями второго порядка типа (4).

Рассмотрим вначале модель автогенератора Ван-дер-Поля. Модель такой системы, выполненная в пакете Simulink программы MATLAB, представлена на рис. 2. Модель представляет собой усилитель с нелинейным элементом Fsp, по-

звolyающлм задать тип нелинейности с положительной обратной связью, и имеет в своем тракте блоки, ослабляющие как высокие, так и низкие частоты. Колебания в такой системе возникают на некоторой частоте, для которой фазовый сдвиг тракта равен нулю, а малосигнальный петлевой коэффициент передачи превышает 1. Характер развития колебательного процесса в решающей мере зависит от характера нелинейности, заданного в блоке Fcn.

Физические параметры и параметры моделирования реализованного электрооптического нелинейного генератора с линией задержки

Параметр	Величина	Значение
τ_D	44,63 нс	Задержка
τ	13 пс	Временной отклик верхней частоты среза
θ	5,3 мс	Временной отклик нижней частоты среза
P_0	0–10,5 мВт	Оптическая входная мощность
P_{sat}	$\geq 10,5$ мВт	Максимальная входная мощность
α	0,082	Параметр оптических потерь
S	1,9 В/мВ	Эффективность преобразования ФД
G	8	Коэффициент усиления по мощности усилителя
β	0–5,1	Нормализованный коэффициент обратной связи
$V_{rf,max}$	13,0 В	Максимальное напряжение радиочастоты
$V_{\pi,rf}$	4,0 В	Полуволновое радиочастотное напряжение
$V_{\pi,dc}$	4,1 В	Полуволновое постоянное напряжение
Φ	$[-\pi/2, +\pi/2]$ рад	Смещение фазы помехи

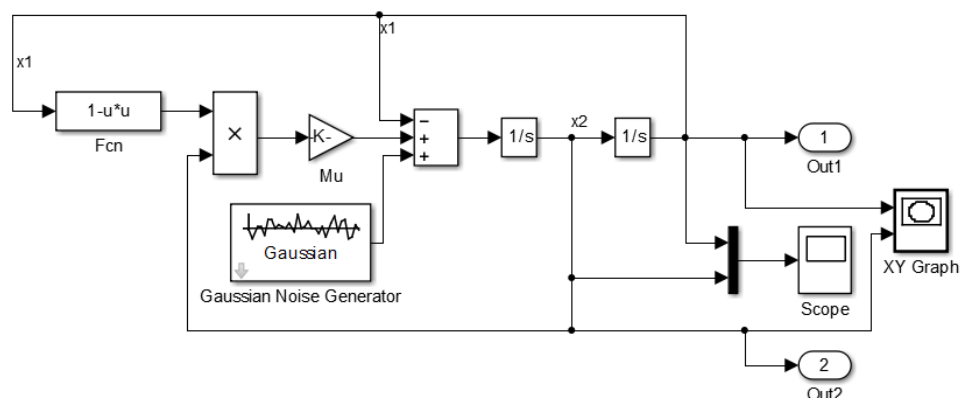


Рис. 2. Модель автогенератора Ван-дер-Поля

Результат моделирования отображается в виде временных зависимостей выходных сигналов.

Они представляют собой периодические колебания, форма которых заметно отличается от синусоидальной, что является следствием нелинейности моделируемой системы.

Поведение системы второго порядка удобно представить фазовым портретом колебаний. Фазовый портрет двух временных зависимостей строится в виде параметрически заданного графика [4].

Фазовый портрет показывает колебания. Как видно из рис. 3, при заданном, относительно высоком уровне нелинейности системы фазовый портрет не имеет выраженного аттрактора, что указывает на низкую спектральную чистоту генерируемого сигнала.

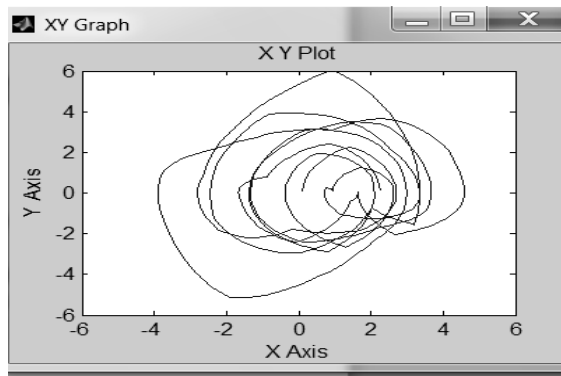


Рис. 3. Фазовый портрет колебаний АГ Ван-дер-Поля

Проведем спектральный анализ этого сигнала, проводя симуляцию схемы АГ в пакете Multisim (рис. 4).

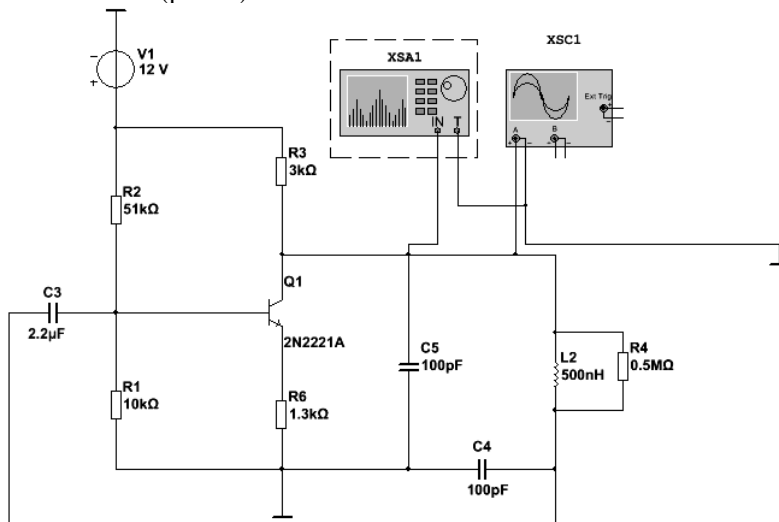


Рис. 4. Схема генератора периодических колебаний на базе системы второго порядка

Задавая номинал резистора R , устанавливаем необходимую добротность контура АГ. Спектр сигнала генератора представлен на рис. 5. Как видим, относительный уровень побочного излучения АГ, при отстройке от его резонансной частоты на 10 кГц, составляет 24 дБ.

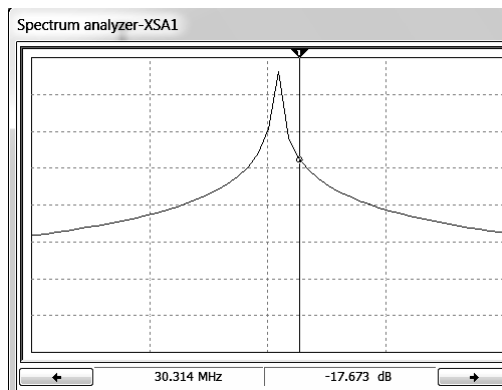


Рис. 5. Спектр колебания генератора

Для снижения уровня шума АГ необходимо повышать добротность Q резонансной накопительной цепи генератора. Как известно, в рассмотренной выше схеме электронного АГ возможность увеличения Q ограничена уровнем 10^2 . Ра-

дикального увеличения Q можно добиться в схеме ОЭГ рис. 1, позволяющей повысить значения Q на 4–6 порядков.

Литература

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник. М.: Высш. школа., 1983. 536 с.
2. X. Steve Yao and Lute Maleki. Optoelectronic microwave oscillator // Journal of the Optical Society of America B / 1996. Vol. 13, № 8. P. 1725–1735.
3. Бельчиков С. Фазовый шум: как спуститься ниже –120 дБн/Гц на отстройке 10 кГц в диапазоне частот до 14 ГГц, или Борьба за децибелы // Компоненты и технологии. 2009, №6.
4. Michael Peil, Maxime Jacquot, Yanne Kouomou Chembo, Laurent Larger, and Thomas Erneux. UMR CNRS FEMTO-ST 6174/Optics Department, University of Franche-Comté, 16 Route de Gray, 25030 Besançon Cedex, France Optique Non linéaire Théorique, Université Libre de Bruxelles, Campus Plaine CP 231, B-1050 Bruxelles, Belgium (Received 19 October 2008; published 9 February 2009).
5. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. М.: ДМК-Пресс, 2008. 784 с.

УДК 621.373.9

ВОЗМОЖНОСТИ МИКРОМИНИАТЮРИЗАЦИИ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАТОРА СВЧ-ДИАПАЗОНА

А.А. Лукина, А.С. Задорин

Рассмотрены возможности миниатюризации топологии оптоэлектронных автогенераторов СВЧ-диапазона с малым уровнем фазовых шумов за счет применения дисковых оптических микрорезонаторов с модами шепчущей галереи и разработки на этой основе гибридной интегральной схемы.

Ключевые слова: Оптоэлектронный генератор, гибридная технология, CST Studio, дисковый микрорезонатор.

Одной из трудностей создания высокоскоростных, широкополосных каналов связи, работающих на несущих частотах до 60 ГГц, сегодня, как известно, является проблема создания автогенераторов (АГ) с низким уровнем побочных мод в спектре генерации. Значительный прогресс в решении указанной проблемы в последние годы достигнут в области СВЧ-оптоэлектроники, где проведены успешные исследования и разработки методологии, альтернативой традиционным подходам построения СВЧ-генераторов. Примером такого рода инновационной методологии, предлагаемой СВЧ-оптоэлектроникой, является технология построения оптоэлектронных СВЧ-генераторов (ОЭГ) [1].

Последние разработки в данной области используют новые архитектурные решения одномодовых ОЭГ, способные формировать радиочастотные колебания с высокой спектральной чистотой в микроволновом диапазоне до десятков гигагерц, с уровнем фазового шума до –160 дБ рад²/Гц при отстройке 10 кГц от несущей [2]. В таких ОЭГ вместо резонаторов в качестве накопительных элементов используются линии задержки из оптического волокна (ЛЗ-ОВ) (рис. 1).

По принципу функционирования ОЭГ не отличается от традиционного электронного АГ и представляет собой автогенератор с положительной обратной связью. Так, показанная на рис. 1 структурная схема ОЭГ включает в себя оптиче-

ский и радиотехнический узлы. В состав оптического узла входят полупроводниковый лазерный модуль (ПЛМ), модулятор интенсивности излучения (МИИ), волоконно-оптический тракт (ВОТ) и фотодиодный модуль (ФДМ). В состав радиотехнического узла – предварительный электрический усилитель (ПЭУ), полосно-пропускающий фильтр (ППФ), усилитель мощности (УМ) и делитель мощности (ДМ) [3]. Общий вид одного из подобных ОЭГ, построенного на основе ЛЗ-ОВ, показан на рис. 2 [4].

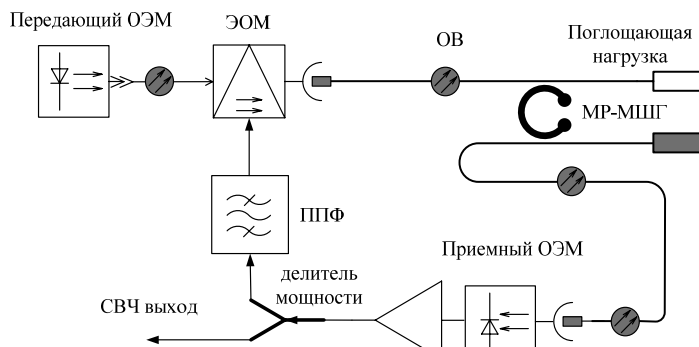


Рис. 1. Структурная схема ОЭГ на основе ОМР-МШГ [3]

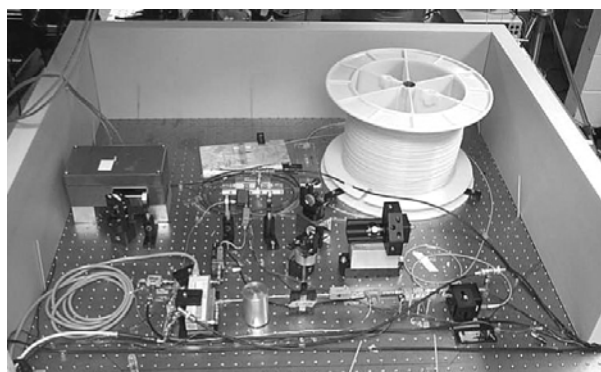


Рис. 2. Общий вид ОЭГ с ЛЗ-ОВ

Из рис. 2 видно, что использование в схеме АГ относительно громоздких ЛЗ-ОВ исключает возможность создания гибридных интегральных схем таких ОЭГ.

Целью данного сообщения являются исследования возможности создания компактного ОЭГ, использующего в качестве накопителя энергии не ЛЗ-ОВ, а высокодобротного оптического микрорезонатора (ОМР) в форме дисков сфер или колец [8].

Как известно, спектральная чистота колебаний АГ характеризуется спектральной плотностью шума $S_i(\omega)$ [6]. Из общей теории АГ следует, что спектральная плотность амплитудного $S_a(\omega)$ (АШ) и $S_\psi(\omega)$ фазового (ФШ) шумов АГ при этом соответственно будет [6]

$$S_a(\omega - \omega_0) = \frac{\delta \cdot S_i}{9\beta^2 G_0^2 v_0^6 \left[1 + Q_0^2 \left(\frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} \right)^2 \right]}, \quad (1)$$

$$S_{\psi}(\omega - \omega_0) = \frac{\delta \cdot S_i}{9\beta^2 G_0^2 v_0^6 Q_0^2 \left(\frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} \right)^2}, \quad (2)$$

где Q_0 – добротность накопительного элемента АГ; S_i – спектральная плотность шумовых АГ.

На рис. 3 приведен результат расчета $S_{\alpha}(\omega)$ и $S_{\psi}(\omega)$ по формулам (1, 2) АГ Ван-Дер-Поля.

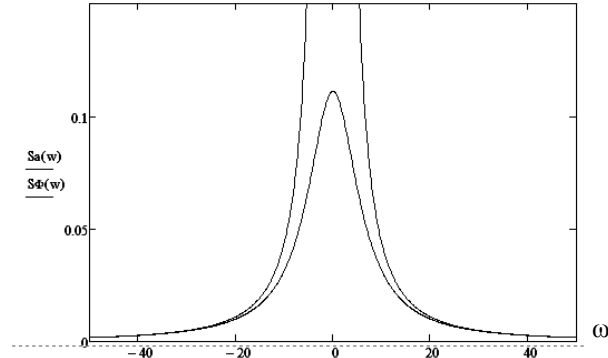


Рис. 3. Форма линий $S_{\alpha}(\omega)$ и $S_{\psi}(\omega)$ генератора Ван-Дер-Поля

Из приведенного графика видно, что вблизи рабочей частоты АГ превалирующими являются фазовые шумы генератора, характеризующиеся спектральной плотностью $S_{\psi}(\omega)$.

Таким образом, высокая спектральная чистота автоколебаний должна достигаться за счет снижения, прежде всего, уровня ФШ АГ. Из (1), (2), а также рис. 4, видно, что основным способом этого снижения являются понижение $S_i(\omega)$ и максимальное увеличение добротности Q накопительного элемента АГ.

В данной связи большое внимание разработчиков ОЭГ в последние годы привлекают ОМР, характеризующиеся не только гигантской добротностью, но и небольшим размером, позволяющим разместить все узлы ОЭГ на площади нескольких квадратных сантиметров (рис. 3) [5, 8].

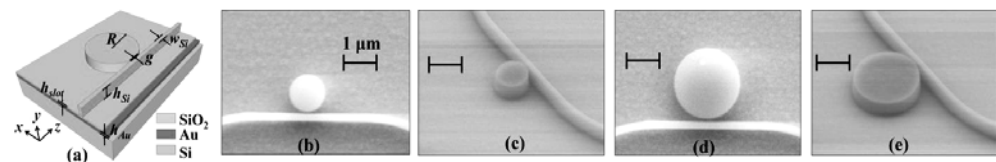


Рис. 4. Оптические микрорезонаторы с элементом связи [5]

В таких резонаторах в качестве рабочих используются моды «шепчущей галереи» (МШГ), формируемые при минимальном угле скольжения волны, гарантирующем полное внутреннее отражение волны от стенок ОМР. Естественно, что энергия волны при этом сосредоточена вблизи стенок резонатора.

Пример возможной топологии такого резонатора вместе с оптической линией связи показан на рис. 4 [5].

Для исследования спектра резонансных частот ОМР с МШГ нами проведено компьютерное моделирование структур рис. 4 с использованием программы CST Studio. В качестве исходных данных для расчета предполагалось, что в дисковом

ОМР возбуждается стоячая волна с E -поляризацией. В этом случае проекция силовых линий электрического поля на горизонтальную плоскость ОМР представляет собой периодическую структуру с числом максимумов $2n$ (n – азимутальный индекс), прижатых к внешней поверхности (каустике) Д-ОМР [7, 8]. Размеры резонаторного диска были выбраны равными, радиус $R = 9$ мкм, а высота $h = 0,5$ мкм. Число вычисляемых мод – 100. В качестве материала Д-ОМР был выбран кварц с диэлектрической и магнитной проницаемостями $\epsilon = 3,75$ и $\mu = 1$ соответственно. Показатель преломления в расчетах был взят равным $n = \sqrt{\epsilon\mu} = 1,93$.

В ходе моделирования найдена структура поля для 100 резонансных частот, поддерживаемых МШГ.

Для использования в ОЭГ из указанного спектра практический интерес представляют лишь моды, расположенные в окнах прозрачности оптоволокна. Установлено, что указанным условиям удовлетворяют следующие типы МШГ:

$\lambda = 1,54$ мкм – МШГ с азимутальным индексом $n = 30$;

$\lambda = 1,37$ мкм – МШГ с азимутальным индексом $n = 34$.

Структура поля, найденная МШГ, приведена на рис. 5.

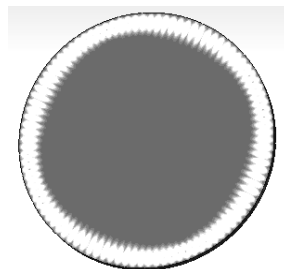


Рис. 5. Распределение интенсивности поля МШГ $EH_{30,1,1}$

Полученные результаты показывают возможность реализации компактных ОЭГ на основе высокодобротных микрорезонаторов с модами шепчущей галереи.

Для расчета резонансных частот f_i и структуры поля ЭОМ-ИМЦ в ОМР мы использовали программу CST Studio. Размеры резонаторного диска подбирались так, чтобы рабочие частоты f_i лежали в области прозрачности ОВ. Для кварцевых ОМР-МШГ этим требованиям удовлетворяют, в частности, резонаторные диски с радиусом $R = 4$ мкм и высотой $h = 0,5$ мкм.

Важной предпосылкой для успешной разработки микросхемы ОЭГ является также конструирование эффективной связи между ОМР и подводящими элементами, которая достигается при выполнении нескольких условий [8]:

- максимально возможное перекрытие полей волны МШГ и моды элемента связи;
- выполнение фазового синхронизма волн в резонаторе и элементе связи;
- согласование собственной ненагруженной добротности Q_0 ОМР и добротности элементов связи Q_c .

Сложность в удовлетворении перечисленных выше условий заключается в их сильной взаимозависимости. На рис. 6 дан пример реализации проходного режима описанного ОМР-МШГ. Модель рассчитывалась в программе CST Studio.

Из многих возможных вариантов реализации элементов связи микрорезонатора в данной работе нами исследовались элементы связи на оптических волокнах, выполненных на основе безболочного кварцевого ОВ, растянутого до диаметра $d \approx 1$ мкм. Согласование добротностей Q_0 и

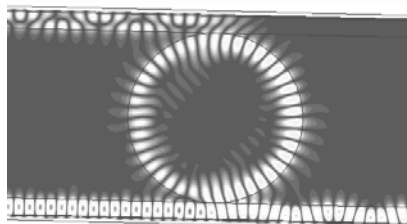


Рис. 6. Резонансная связь двух ОВ через ОМР-МШГ

Q_c осуществлялось за счет регулировки зазора между микрорезонатором и волокнами связи. Для модели рис. 2 данный параметр был взят $\sim 0,1$ мкм.

Литература

1. X. Steve Yao and Lute Maleki. Optoelectronic microwave oscillator // Journal of the Optical Society of America B. 1996. Vol. 13, № 8. August. P. 1725–1735.
2. Y. Kouomou Chembo, Laurent Larger, Hervé Tavernier et al. Dynamic instabilities of microwaves generated with optoelectronic oscillators // Optics Letters. 2007. Vol. 32, № 17. September. P. 2571–2573.
3. Белкин М., Лопарев А. Оптоэлектронный генератор – первое практическое устройство СВЧ-оптоэлектроники // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2010. № 6. С. 62–70.
4. Römisch Stefania. Very low noise X-band optoelectronic oscillators // Presentation.
5. Fei Lou, Lars Thylen and Lech Wosinski. Experimental demonstration of silicon-based metallic whispering gallery mode disk resonators and their thermotuning // The Optical Fiber Communication Conference and Exposition (OFC). 2014.
6. Букингем М. Шумы в электронных приборах и системах. М.: Мир, 1986.
7. Царапкин Д.П. Методы генерирования СВЧ-колебаний с минимальным уровнем фазовых шумов: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2004.
8. Городецкий М.Л. Оптические микрорезонаторы с гигантской добротностью. М.: Физматлит, 2011. 415 с.

УДК 535. 372

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА ОТ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ

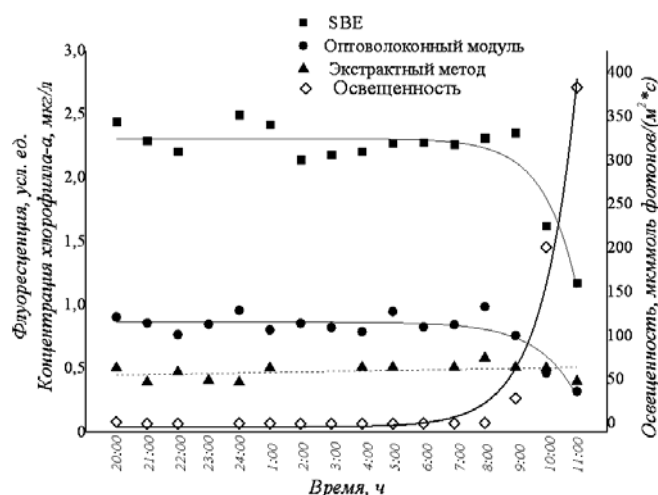
А.Ю. Попик, Е.Л. Гамаюнов

Представлены результаты исследования зависимости интенсивности флуоресценции фитопланктона от параметров среды. Показано, что точность определения концентрации хлорофилла-*a* в составе клеток фитопланктона при флуоресцентных измерениях может быть увеличена, если учесть влияние на интенсивность его флуоресценции освещенности и температуры среды. При обработке результатов экспедиционных измерений применялась авторская методика расчета, учитывающая связь параметров среды и флуоресценции. Представлены результаты вычисления концентрации хлорофилла-*a*, полученные при обработке флуоресцентных измерений, выполненных в акватории Японского моря в заливе Посыета в 2011–2013 гг.

Ключевые слова: флуоресценция фитопланктона, концентрация хлорофилла-*a*, распределение фитопланктона по глубине.

В статье [1] была исследована зависимость флуоресценции хлорофилла-*a*, основного пигмента в составе клеток фитопланктона, от параметров внешней среды. Было замечено, что на точность вычисления концентрации хлорофилла-*a* по измеренному спектру флуоресценции оказывают большое влияние такие параметры среды, как температура и освещенность. Это хорошо видно на рис. 1, где в виде графиков представлены данные экспедиционных измерений флуоресценции и концентрации хлорофилла-*a*, а также значения освещенности. Измерения проводились в сентябре 2013 г. на морской экологической станции «Мыс Шульца».

Рис. 1. Результаты измерений флуоресценции и концентрации хлорофилла-а на глубине 4 м



Флуоресцентные измерения выполнялись погружаемым зондом SBE 16 plus фирмы Sea-Bird Electronics с установленным датчиком флуоресценции WET Star фирмы WET Labs [2] и с помощью оптоволоконной измерительной системы, разработанной в Институте автоматики и процессов управления ДВО РАН [3]. Концентрация хлорофилла-а определялась экстрактным методом по взятым с глубины 4 м пробам воды. Результаты измерений, полученные при помощи зонда SBE и измерительной системы собственной разработки, аппроксимировались экспонентной функцией. На графике зависимости интенсивности флуоресценции наблюдается ее резкое уменьшение после 8–9 ч, когда солнце достаточно высоко поднимается над горизонтом, что не наблюдается на графике изменения концентрации хлорофилла-а, полученном экстрактным методом. Считая, что концентрация фитопланктона на указанной глубине в течение суток оставалась постоянной, можно предположить, что изменение интенсивности флуоресценции связано с изменением состояния клеток фитопланктона, вызванного суточной динамикой освещенности. Флуоресцентные измерения, выполненные на разных глубинах при разной температуре, также показали зависимость интенсивности флуоресценции фитопланктона от температуры среды, что объясняется снижением флуоресцентного отклика молекул хлорофилла-а при увеличении температуры. Корреляционный анализ изменения параметров среды и флуоресценции, измеренных датчиками зонда SBE, также подтвердил сильную зависимость интенсивности флуоресценции от освещенности и температуры.

Традиционно при определении концентрации хлорофилла-а флуоресцентным методом предполагают линейную зависимость интенсивности флуоресценции от концентрации хлорофилла и выполняют расчет по формуле (1) [4]:

$$C = K \cdot F, \quad (1)$$

где C – концентрация хлорофилла-а; K – коэффициент пропорциональности, определяемый конструкцией измерительного прибора; F – измеренная интенсивность флуоресценции.

Авторами было предложено представить коэффициент K функцией следующего вида (2):

$$K = s_0 \cdot s_1(Q) \cdot s_2(T), \quad (2)$$

где s – коэффициент пропорциональности, зависящий от конструкции измерителя и вида фитопланктона; $s_1(Q)$ – функция, зависящая от освещенности; $s_2(T)$ – функция, зависящая от температуры.

Таким образом, коэффициент K можно интерпретировать как функцию, характеризующую эффективность флуоресценции клетки микроводоросли. Чем больше численное значение K , тем меньше интенсивность флуоресценции клетки. Если функцию $s_1(Q)$ в выражении определить как коэффициент связи между максимально возможным (в темноте) значением флуоресценции и наблюдаемым, то, как было приведено в [1], можно записать выражение (3):

$$s_1(Q) = \begin{cases} 1, & \text{при } Q \leq Q_{кр}; \\ f_{\max}/(f_{\max} + k(Q - Q_{кр})), & \text{при } Q_{кр} < Q < Q_{кр2}; \\ f_{\max}/f_{\min} & \text{при } Q_{кр2} \leq Q, \end{cases} \quad (3)$$

где $Q_{кр}$ – значение уровня освещенности, ниже которого интенсивность флуоресценции стабилизируется на максимальном уровне $f_{\max}$; $Q_{кр2}$ – значение уровня освещенности, выше которого интенсивность флуоресценции стабилизируется на минимальном уровне $f_{\min}$; k – коэффициент пропорциональности, который для линейного участка графика может быть рассчитан по формуле

$$k = \Delta f / \Delta Q. \quad (4)$$

Если функцию $s_2(T)$ в выражении определить как коэффициент связи между максимально возможным (в отсутствие температурного тушения) значением флуоресценции и наблюдаемым, то ее можно выразить следующим образом:

$$s_2(T) = e^{(aT)}, \quad (5)$$

где a – температурный коэффициент флуоресценции.

В статье [1] при проведении измерений концентрации экстрактным методом на глубине 4 м был рассчитан коэффициент s_0 . Если считать коэффициент s_0 постоянным при измерениях, проводимых в одной географической точке во всем диапазоне глубин, то рассчитанное значение s_0 , найденное при поверхностных измерениях, можно использовать для определения распределения концентрации по глубине. На рис. 2, 3 приведены данные измерений параметров среды и распределения концентрации хлорофилла-а по глубине.

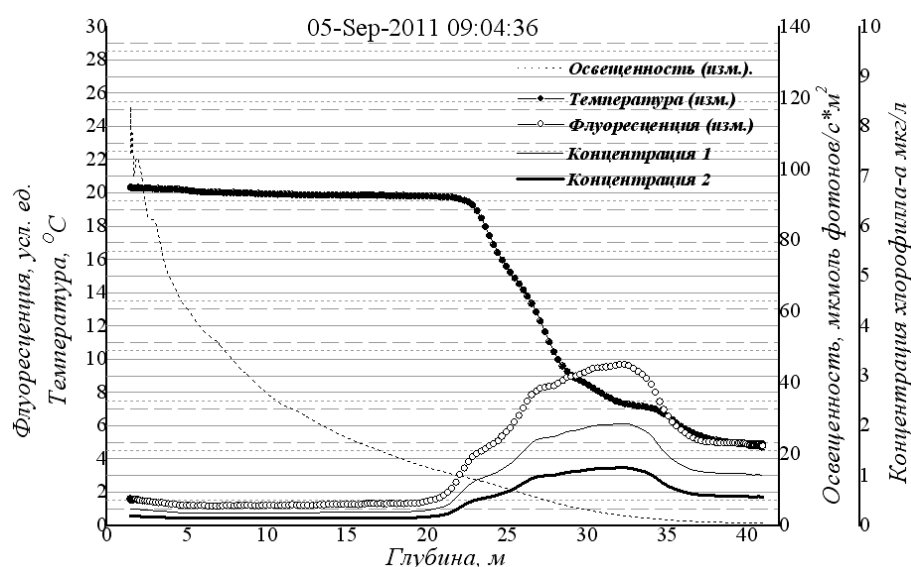


Рис. 2. Распределение параметров воды, флуоресценции и концентрации хлорофилла-а по глубине

Из рис. 2 видно, что освещенность не оказывает влияния на флуоресценцию, так как ее значение находится ниже критического и $s_1(Q) = 1$. Температура изменяется в пределах от 20 до 4 °С, вызывая изменение флуоресценции на глубинах 20–35 м. На рис. 2 концентрация 2 найдена по формуле (1) с постоянным значением коэффициента K . Концентрация 1 найдена с переменным коэффициентом K , который выражен из уравнения (2) с учетом функций (3) и (5). Наибольшее различие между измеренным и расчётным значениями наблюдается в нижней границе термоклина. Среднее отклонение в термоклизе составляет 0,43. Коэффициент корреляции между рассчитанной и измеренной флуоресценцией равен 1.

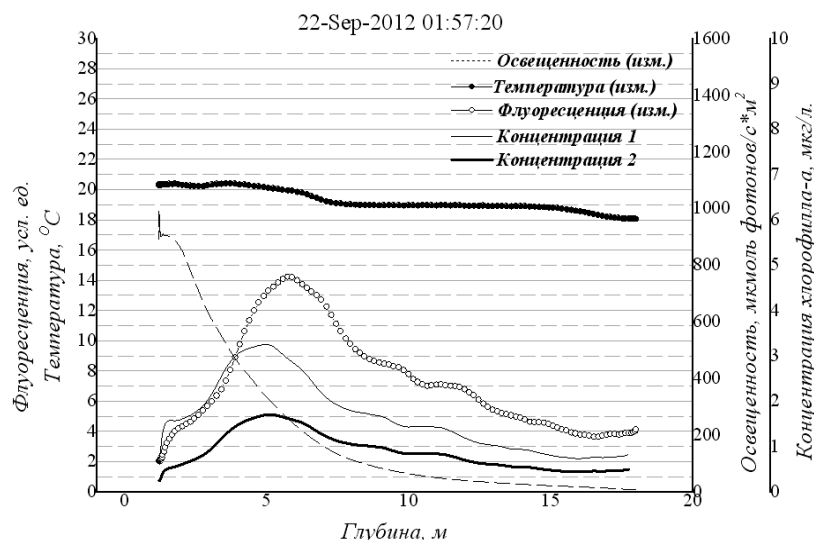


Рис. 3. Распределение параметров воды, флуоресценции и концентрации хлорофилла-а по глубине

На рис. 3 изменение флуоресценции обусловлено изменением освещенности. Из графика легко можно определить коэффициенты $f_{\max} = 3,7$ усл. ед. и $Q_{\text{кр}} = 120$, k находим как тангенс угла наклона, он равен 0,021. Температура у поверхности воды равна 20 °С, коэффициент a примем равным 0,028, коэффициент s_0 равен 0,12. Чтобы рассчитать концентрацию по флуоресцентной методике, воспользуемся формулой (1), выражая коэффициент K из уравнения (2). Среднее отклонение измеренного значения флуоресценции с учетом влияния параметров воды составляет 50%. Коэффициент корреляции между рассчитанной и измеренной флуоресценцией равен 0,94.

Выводы. Описанная в работе [1] методика определения коэффициента K позволяет рассчитывать концентрацию хлорофилла-а с большей точностью, чем это делалось ранее. Главной особенностью и достоинством приведенного в работе метода является учет параметров среды. Исследования флуоресценции фитопланктона с одновременной регистрацией температуры и освещенности позволяют не только восстановить более точные значения его концентрации, но и устранить причины отклонений, присутствовавших при интерпретации выполненных ранее измерений.

В дальнейшем планируется провести ряд экспедиционных работ с целью формирования статистической базы для отдельных культур микроводорослей

при различных значениях температуры и освещенности, а также для выявления других параметров среды, существенно влияющих на интенсивность флуоресценции характерных пигментов, входящих в состав клеток фитопланктона.

Литература

1. Popik A.Yu., Gamayunov E.L. Influence of illuminating intensity and temperature on a phytoplankton fluorescence: матер. IV междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований». 4–5 августа 2014. North Charleston. М.: Науч.-изд. центр «Академический». 2014. Т. 1. С 168–176.
2. Датчик WETStar. WETLabs [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wetlabs.com/content/wetstar>
3. Гамаюнов Е.Л. Система мониторинга воды с погружаемым модулем / Е.Л. Гамаюнов, С.С. Вознесенский, А.А. Коротенко, А.Ю. Попик // Приборы и техника эксперимента. 2012. № 2. С. 135–143.
4. Букин О.А., Пермяков М.С., Майор А.Ю. и др. О калибровке метода лазерной флуорометрии при измерении концентрации хлорофилла «А» // Оптика атмосферы и океана. 2001. Т. 14, № 3. С. 223–226.

УДК 621.373.52

ПОСТРОЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОГО ОДНОЧАСТОТНОГО СИНТЕЗАТОРА С НИЗКИМ УРОВНЕМ ФАЗОВЫХ ШУМОВ

А.В. Лирник

В настоящее время синтезаторы частот широко применяются в радиоэлектронике, в частности в измерительной технике. Предъявляются очень жесткие требования к спектральной «чистоте» выходного сигнала синтезатора. Также немаловажными параметрами при построении современных приборов являются габариты устройства, энергопотребление и простота. В данной статье рассмотрен принцип построения высокостабильного, экономичного и малогабаритного синтезатора.

Ключевые слова: фазовый шум, синтезатор, ФАПЧ.

При построении современных синтезаторов стараются использовать и реализовать такое техническое решение, при котором достигаются: необходимая высокая фазовая стабильность, низкое энергопотребление и малые габариты (за счет использования как можно меньшего числа компонент). Простейшая схема, которая реализуется с помощью метода косвенного цифрового синтеза – это однопетлевой синтезатор с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ). Данная схема состоит из двух генераторов (опорного и управляемого), микросхемы частотно-фазового детектора (ЧФД), делителя частоты в обратной связи (ОС), схемы индикации контроля и захвата, а также петлевого фильтра. Применение данной схемы дает ряд преимуществ в виде габаритов, потребления и простоты реализации. Но из-за недостаточно низкого уровня спектральной плотности мощности фазовых шумов (СПМФШ), благодаря ЧФД [1], она имеет ограничения в применении. Последнее обстоятельство заставляет искать другие пути решения проблемы.

Наиболее распространенным решением является преобразование частоты в ОС ФАПЧ. При этом сигнал управляемого генератора переносится вниз по час-

тоте, что позволяет избавиться от деления в цепи обратной связи и существенно подавить уровень фазовых шумов, наводимых ЧФД. Но это решение усложняет систему и увеличивает ее энергопотребление. Для получения дополнительного сигнала при преобразовании частоты используют либо гармонический смеситель с мощным сигналом на входе [2], либо еще один синтезатор. Первый вариант позволяет минимизировать габариты при умеренном росте энергопотребления, но обладает низким качеством преобразования за счет того, что на смесительные диоды гармонического смесителя поступает сигнал с обогащенными гармониками спектром. Гармоники низших порядков, как правило, мощнее и перегружают смеситель. Выход из данной ситуации – установка фильтра между генератором гармоник и смесителем, подавляющего гармоники низших порядков. Но это решение не избавляет от подачи мощного сигнала на вход умножителя. Задача построения экономичного умножителя частоты высокой кратности приобретает особую актуальность.

Построение синтезатора. Основными источниками фазовых шумов в петле цифровой ФАПЧ являются: управляемый генератор (УГ), опорный генератор (ОГ) и ЧФД (рис. 1).

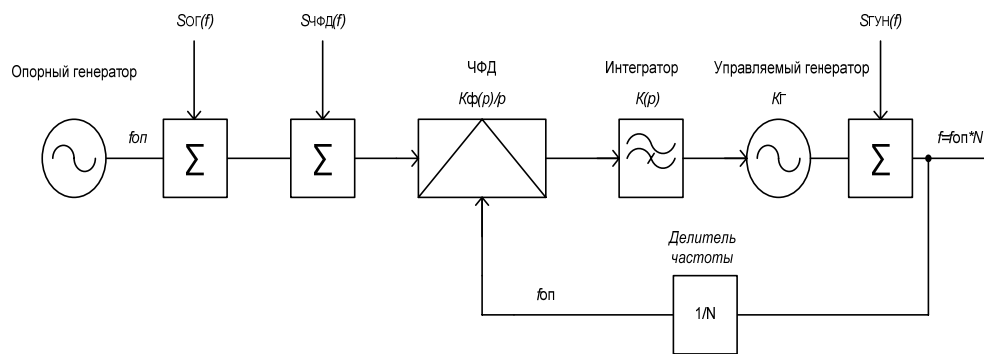


Рис. 1. Шумовая модель ФАПЧ

Как уже было сказано, схема на рис. 1 обладает недостаточно низким уровнем фазовых шумов из-за того, что содержит делитель частоты в ОС. Уменьшить уровень фазового шума, вносимого самой микросхемой ЧФД на данной схеме, не представляется возможным.

Переходя к схеме с преобразованием частоты в ОС ФАПЧ (рис. 2) и избавляясь от делителя частоты, вклад по фазовым шумам, вносимый ЧФД, уменьшается. Для схемы на рис. 2 выражения для коэффициентов передачи будут выглядеть следующим образом [3]:

$$K_{ОГ}(p) = \frac{(N \pm 1) \frac{K_{\Phi}}{p} \cdot K(p) \cdot K_{\Gamma}}{1 + \left(\frac{K_{\Phi}}{p} \cdot K(p) \cdot K_{\Gamma} \right)}, \quad (1)$$

$$K_{ЧФД}(p) = \frac{\frac{K_{\Phi}}{p} \cdot K(p) \cdot K_{\Gamma}}{1 + \left(\frac{K_{\Phi}}{p} \cdot K(p) \cdot K_{\Gamma} \right)}, \quad (2)$$

где $K_{ог}(p)$ – коэффициент передачи от выхода опорного генератора до выхода управляемого генератора; $K_{чфд}(p)$ – коэффициент передачи от входа ЧФД до выхода управляемого генератора; N – коэффициент умножения; $K_{ф}$ – коэффициент передачи ЧФД; $K(p)$ – коэффициент передачи интегратора; $K_{г}$ – коэффициент передачи управляемого генератора.

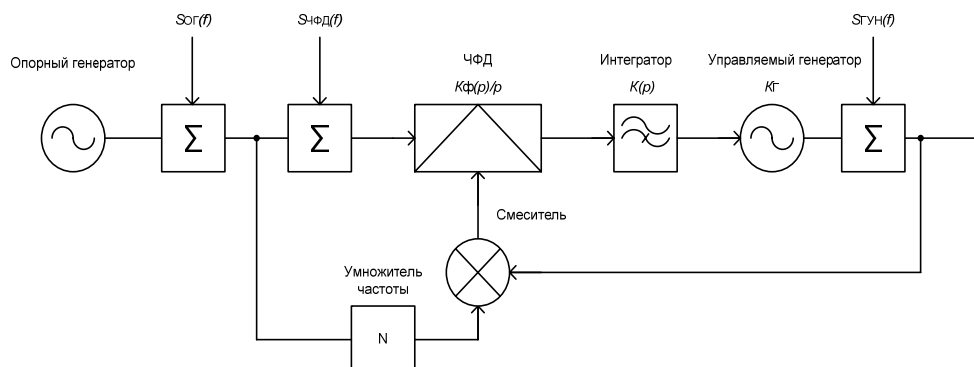


Рис. 2. Схема с умножением частоты в ОС

Частота на выходе пропорциональна частоте опорного генератора, и соответственно уровень фазового шума в N^2 раз больше шума опорного сигнала. Шум, наведенный ЧФД, будет проходить на выход с коэффициентом передачи, равным 1. В данном случае видно, что по сравнению со стандартной схемой ФАПЧ фазовые шумы ЧФД будут подавлены в $(N \pm 1)^2$ раз.

Получить дополнительный сигнал для преобразования можно, используя либо диод с накоплением заряда (ДНЗ), либо путем формирования нелинейной линии передачи (НЛП) с применением варикапов. НЛП по сравнению с ДНЗ обладает такими преимуществами, как низкий уровень вносимых фазовых шумов, широкий диапазон входных частот, низкая требуемая входная мощность, а также высокий уровень гармоник высокой кратности [4]. Выбор НЛП с применением варикапов в качестве гармонического умножителя частоты сигнала ОГ был бы очевиден, если бы не высокая стоимость (250\$) и большие габариты [5].

В нашем случае была разработана НЛП по простой схеме, состоящей из одного звена с варикапом местного применения (рис. 3). Цена данной схемы всего лишь \$0,5.

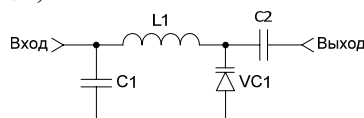


Рис. 3. Принципиальная схема умножителя

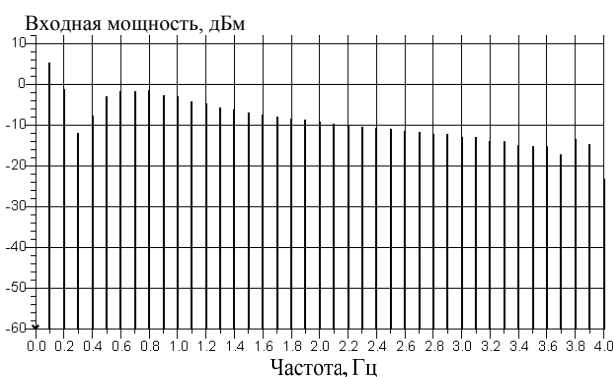


Рис. 4. Уровни гармоник сигнала 100 МГц

На рис. 4 изображен рассчитанный уровень гармоник умножителя частоты опорного сигнала. Петля ФАПЧ в данном случае будет выполнять функцию узкополосного фильтра, выделяя полезную гармонику опорного сигнала [6].

В отличие от схемы с использованием гармонических смесителей мощность, требуемая для «раскачки» умножителя, составляет всего 100 мВт. На рис. 4 изображен рассчитанный уровень гармоник умножителя частоты.

На рис. 5 показана структурная схема полученного синтезатора.

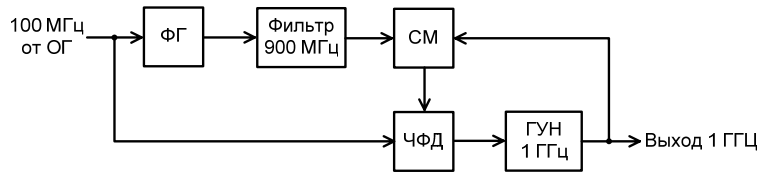


Рис. 5. Блок-схема синтезатора

На формирователь гармоник (ФГ) поступает внешний сигнал с выхода ОГ с частотой 100 МГц. После формирователя ставится фильтр на поверхностных акустических волнах (ПАВ) на частоту 900 МГц. На выходе смесителя (СМ) формируется сигнал промежуточной частоты (ПЧ) из сигналов генератора, управляемого напряжением (ГУН), и девятой гармоники опорного сигнала. Недостатком последней схемы в отличие от стандартной является большее энергопотребление (примерно в 3 раза) вследствие использования мощного усилителя для «раскачки» умножителя частоты. Но выигрыш по СПМФШ в данном случае порядка 20 дБ.

Математические выражения фазовых шумов управляемого и опорного генераторов, а также шума, вносимого ЧФД:

$$S_{\text{ГУН}}(f) = PNF_{\text{УГ}} + 20 \cdot \log\left(1 + \frac{Ff_{\text{УГ}}}{f}\right) + 10 \cdot \log\left(1 + \frac{Fc_{\text{УГ}}}{f}\right), \quad (3)$$

$$S_{\text{ОГ}}(f) = PNF_{\text{ОГ}} + 20 \cdot \log\left(1 + \frac{Ff_{\text{ОГ}}}{f}\right) + 10 \cdot \log\left(1 + \frac{Fc_{\text{ОГ}}}{f}\right), \quad (4)$$

$$S_{\text{ЧФД}}(f) = \text{const} + 10 \cdot \log F_{\text{ОГ}}, \quad (5)$$

где $S_{\text{ЧФД}}(f)$ – шумы ЧФД, приведенные к его входу (дБн/Гц); const – константа ЧФД, которая берется из его описания; $S_{\text{ОГ}}(f)$ и $S_{\text{УГ}}(f)$ – соответственно шумы опорного сигнала и шумы генератора, управляемого напряжением; $PNF_{\text{УГ}}$, $Ff_{\text{УГ}}$, $Fc_{\text{УГ}}$, $PNF_{\text{ОГ}}$, $Ff_{\text{ОГ}}$, $Fc_{\text{ОГ}}$ – параметры модели шумов генератора.

Управляемый генератор, используемый в схеме, был собран на ПАВ-резонаторе. На рис. 6 показана характеристика его СПМФШ, которая использовалась при моделировании. Опорный сигнал, поступающий на вход системы, является внешним, и поэтому параметры шумовой модели опорного генератора взяты из характеристик термостатированного кварцевого генератора МОХО-100 [7].

Наилучший уровень СПМФШ можно получить при использовании синтезатора частот на интегральной схеме НМС704LP4Е [8] (рис. 7), но потребление данной микросхемы составляет 60 мА. В нашем случае используется микросхема ADF4002, которая выступает в схеме в качестве ЧФД [9]. Потребление данной микросхемы составляет всего лишь 4 мА. Сравнивая данные из рис. 7, видно, что выигрыш фазовых шумов при использовании НМС704LP4Е незначителен.

Уровень фазовых шумов, полученный экспериментально, изображен на рис. 8 (нижняя сплошная характеристика). Как видно из рис. 4, данную схему можно использовать вплоть до частоты 3,5 ГГц с получением приемлемых характеристик, что и было в итоге сделано (на рис. 8 верхняя характеристика).

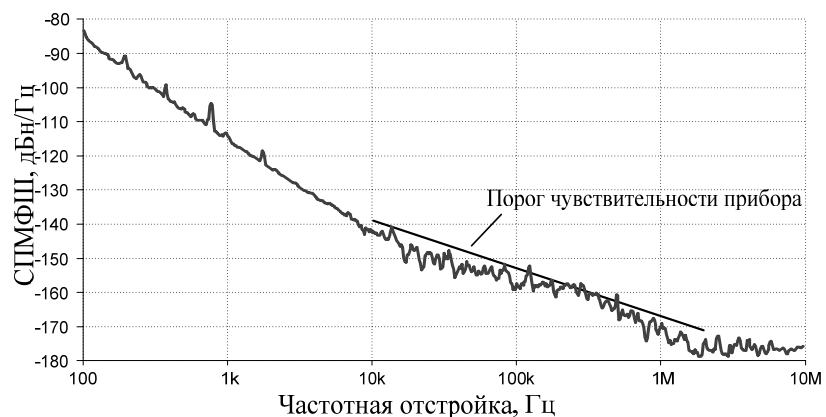


Рис. 6. СПМФШ ГУНа 1 ГГц

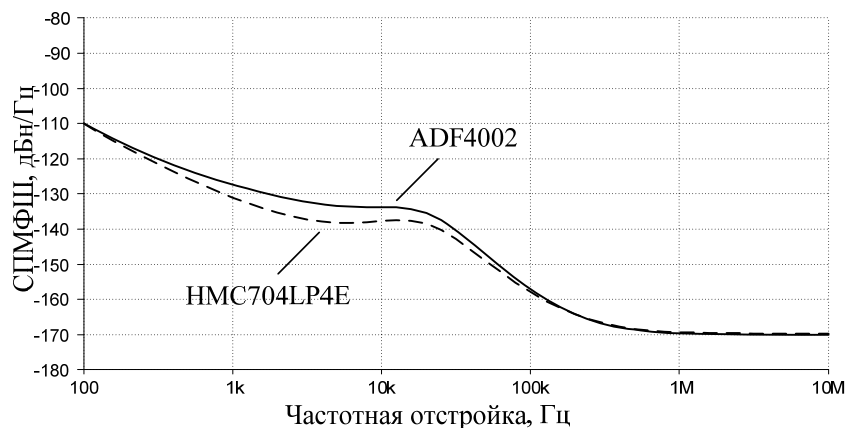


Рис. 7. Расчетная СПМФШ ADF4002 и HMC704LP4E

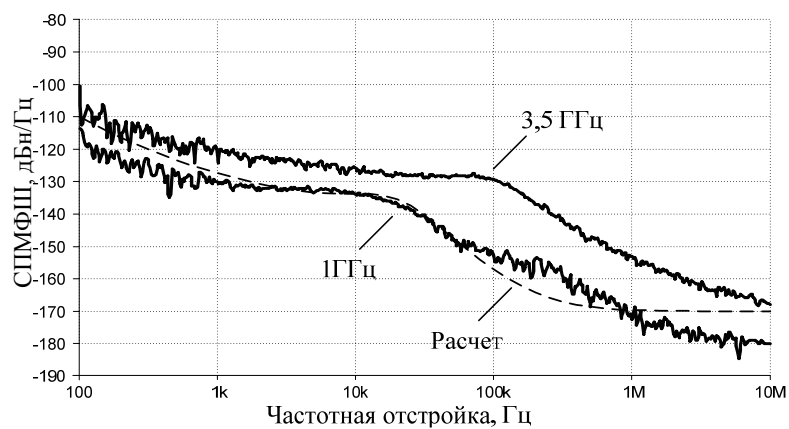


Рис. 8. Полученный уровень СПМФШ

В таблице записаны данные характеристики СПМФШ зарубежного аналога [10]. Сравнивая данные этой таблицы и экспериментальный уровень фазовых шумов построенного синтезатора, видно, что последний превосходит аналог. К тому же потребляемая мощность аналога составляет 3,6 Вт, в то время как потребление построенного синтезатора 0,75 Вт.

СПМФШ аналога и разработанного синтезатора

Отстройка от частоты выходного сигнала, кГц	Уровень СПМФШ аналога на отстройке, дБн/Гц	Уровень СПМФШ синтезатора на отстройке, дБн/Гц
1	-115	-130
10	-120	-134
100	-130	-154
1000	-145	-172
10000	-155	-180

Заключение. В итоге был получен синтезатор с относительно малым энергопотреблением (0,75 Вт) и габаритами благодаря применению НЛП собственной разработки для умножения частоты опорного сигнала, а также малогабаритных и экономичных компонентов. Применение дополнительной фильтрации позволило добиться уровня побочных спектральных составляющих на выходе сигнала до уровня минус 80 дБн. Уровень второй гармоники составил минус 60 дБн.

Литература

1. Горевой А.В. Выбор генераторов для построения маломощных СВЧ-синтезаторов / А.В. Горевой // Компоненты и технологии. 2012. № 6. С. 12–17.
2. Sampling Phase Detector Modules. MSPD1012&MSPD2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.aeroflex.com/ams/metelics/pdfiles/MSPD-1000_1002_1012_2018.pdf, свободный (дата обращения: 27.08.14).
3. Якушевич Г.Н. Радиоавтоматика: учеб. пособие. Томск : Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2005. 228 с.
4. A New Breed of Comb Generators Featuring Low Phase Noise and Low Input Power [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.picosecond.com/objects/MWJ_reprint.pdf, свободный (дата обращения: 27.08.14).
5. Datasheet MLPCN-7100. NLTL COMB GENERATOR [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.aeroflex.com/ams/metelics/pdfiles/MLPNC-7100.pdf>, свободный (дата обращения: 27.08.14).
6. Манасевич В. Синтезаторы частот. Теория и проектирование. М.: Связь, 1979. 384 с.
7. Термостатированный кварцевый генератор MOXO-100 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.micran.ru/sites/micran_ru/data/UserFile/Image/Equipment/SVCH/MOXO-100.pdf, свободный (дата обращения: 27.08.14).
8. Datasheet HMC704LP4E 8 GHz Fractional-N PLL [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hittite.com/content/documents/data_sheet/hmc704lp4.pdf, свободный (дата обращения: 27.08.14).
9. Phase Detector/Frequency Synthesizer ADF4002 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADF4002.pdf, свободный (дата обращения: 27.08.14).
10. Series PCRO. Coaxial Resonator Oscillators [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.kratosepd.com/~media/EP/Datasheets/Signal Generation/Series PCRO Phase Locked Coaxial Resonator Oscillators from 300 MHz to 3 GHz.pdf](http://www.kratosepd.com/~media/EP/Datasheets/Signal%20Generation/Series%20PCRO%20Phase%20Locked%20Coaxial%20Resonator%20Oscillators%20from%20300%20MHz%20to%203%20GHz.pdf), свободный (дата обращения: 27.08.14).

УДК 621.396.41

**ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ
СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ**

Е.В. Лежнин

Рассмотрен процесс разработки инструментов для выделения частей печатной платы и преобразования их в принципиальную схему.

Ключевые слова: САПР, принципиальная схема.

В настоящее время при проведении анализа электромагнитной совместимости печатных плат используется компьютерное моделирование. Для получения казуальных результатов при моделировании необходимы корректные модели, подходы, методы и программное обеспечение.

Отечественным программным продуктом, позволяющим выполнить данный вид анализа, является система TALGAT [1]. В данной программе реализован импорт печатной платы из программного продукта Altium Designer в формате Altium ASCII. Разработка данного инструмента более подробно описана в работе [2]. Однако в TALGAT не реализована возможность построения схемы электрической принципиальной печатной платы.

Цель работы – разработка программного модуля для автоматического построения схемы электрической принципиальной печатной платы

При импорте печатной платы в TALGAT из Altium Designer переносится полный объём геометрических параметров и объектов, входящих в неё: слоёв, печатных трасс, контактных площадок, полигонов, переходных отверстий, логи-

ческих объединений печатных трасс. На основе этих данных в системе TALGAT строится геометрическая модель печатной платы (рис. 1).

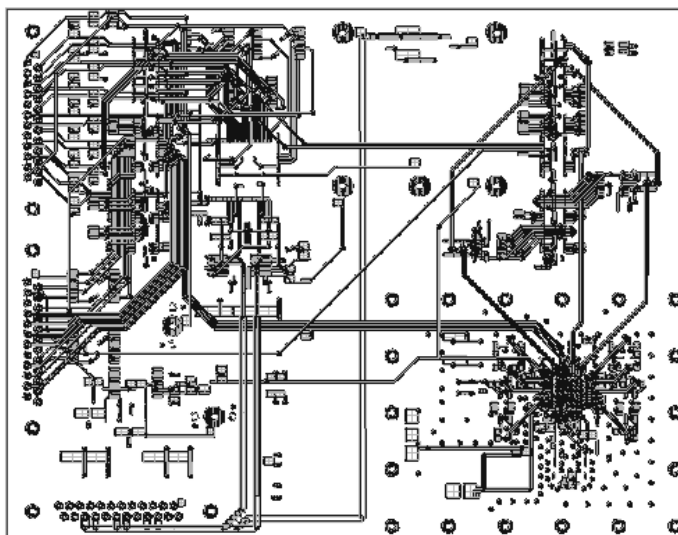


Рис. 1. Вид импортированной печатной платы в системе TALGAT

Для анализа электромагнитной совместимости печатной платы пользователь выделяет её наиболее критичные области. Для этого создаётся модель печатной платы (рис. 2, *а*). На рис. 2, *б* показано выделение трёх трасс.

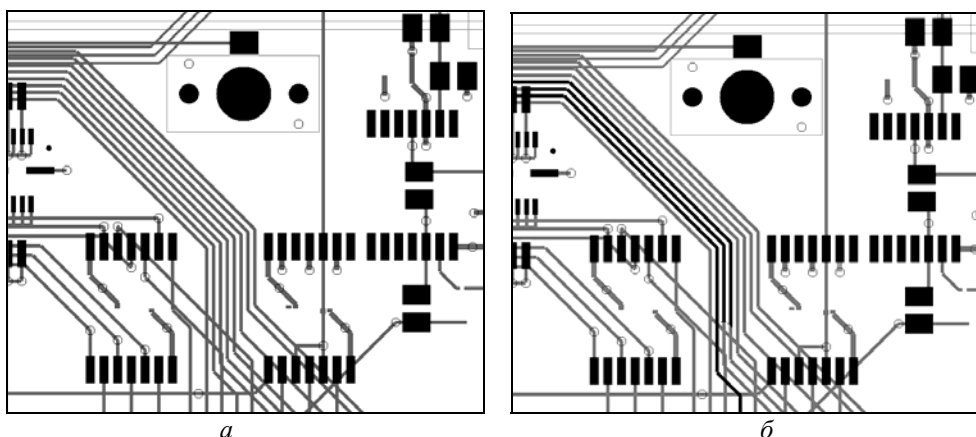


Рис. 2. Смоделированная печатная плата: *а* – без выделенных элементов; *б* – с выделенными элементами

Для построения принципиальной схемы выбирается трасса или групп трасс. Затем создаётся область, границы которой находятся на расстоянии больше D до любой точки трасс, где D задаётся пользователем. На расстоянии D объекты настолько слабо влияют друг на друга, что этим можно пренебречь. Выделенная область делится с помощью трехмерной сетки с постоянным шагом, который задаётся пользователем. Далее каждая ячейка помечается как регулярная или нерегулярная. Ячейка считается регулярной, если все объекты в радиусе D , в том числе входящие в другие ячейки, представляют собой параллельные дорожки неизменного сечения. После этого ячейки объединяются в группы по критерию одинакового значения регулярности. Для каждой группы строится сечение. Каждая группа представляет собой линию передачи на принципиальной схеме с характеристиками проводников, входящих в него. Полученные сечения и принципиальная схема используются для выполнения анализа (рис. 3).

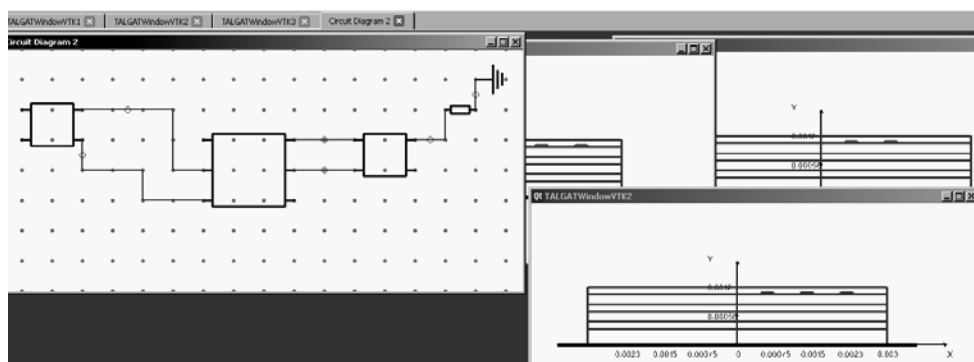


Рис. 3. Принципиальная схема и сечения, построенные для участка платы

Заключение. Разработанный модуль позволяет создать схему электрическую принципиальную на основе геометрической модели печатной платы. Представлены результаты работы данного модуля.

Литература

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013619615. TALGAT 2012. Авторы: Газизов Т.Р., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Т. и др. Заявка №2013617773. Дата поступления 29 августа 2013 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 11 октября 2013 г.
2. Лежнин Ег.В. Реализация парсинга файлов формата Altium Designer/protel ASCII в системе TALGAT / Ег.В. Лежнин, Р.И. Аширбакиев // Научная сессия ТУСУР-2012: матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 2012. С. 103–106.

УДК 621.382.2/.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛИКА НЕЛИНЕЙНОЙ ЦЕПИ НА ПОЛИГАРМОНИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Е.П. Беликова

Предложен алгоритм моделирования отклика на входное полигармоническое воздействие с учетом влияния нелинейных эффектов. Представлены результаты тестирования алгоритма на примере гармонического воздействия на нелинейный элемент.

Ключевые слова: нелинейные эффекты, взаимные электромагнитные помехи.

Развитие радиосвязи и радиосистем сопровождается всё увеличивающейся нагрузкой диапазона радиочастот, увеличением мощности передатчиков, повышением чувствительности приемников, применением широкополосных методов модуляции. Все это приводит к нарушению работы радиоэлектронных средств (РЭС) из-за взаимных электромагнитных помех. Значительная часть взаимных помех, возникающих при совместной работе РЭС, обусловлена эффектами нелинейного взаимодействия сигналов в приемных и передающих устройствах [1].

Анализ помех от нелинейных эффектов, основанный на результатах расчета отклика нелинейной цепи на входные воздействия и расчете передаточных функций нелинейной цепи, представлен в работе [2].

Цель работы – разработать алгоритм, который на основе метода анализа реакции нелинейных цепей способен осуществлять расчет нелинейных эффектов для произвольного набора воздействий.

Вычисления основываются на спектральном подходе, позволяющем рассчитывать все виды помех нелинейного происхождения. Воздействия и нелинейная цепь аппроксимируются рядами, а вычисление сводится к перемножению рядов, сортировке и суммированию комбинационных составляющих отклика. Объем вычислений сокращен с помощью метода группового анализа отклика нелинейной цепи на входные воздействия. В данном случае рассчитываются группы составляющих, совпадающих по признакам формирования комбинационных частот (фаз) и амплитуд. В результате анализа легко установить все разновидности групп, число комбинационных составляющих в каждой из групп, любую составляющую в самой группе, тем самым получить исчерпывающие сведения о структуре и спектральном составе отклика нелинейной цепи.

Алгоритм вычисления отклика:

1. Вычисление значений производных с первого по пятый порядок включительно при $U_0 = 0,175$ В, используя вольт-амперную характеристику (ВАХ) диода, аппроксимированную полиномом пятого порядка.

2. Объявление всех переменных:
 - инициализация массивов амплитуд, частот и фаз входного сигнала;
 - инициализация значений выходного тока и значений пяти производных функции (табл. 1), описывающей зависимость выходного тока от входного напряжения.
3. Вычисление нулевой компоненты тока.
4. Выделение единичных групп из обобщенных.
5. Расчет амплитуд и групп фаз, соответствующих им.
6. Создание функций, которые описывают операцию суммирования в формулах для амплитуд обобщенных групп.
7. Вывод результатов в виде трёх столбцов (выходной ток, частота, фаза).

Таблица 1

Значения производных					
Порядок	1	2	3	4	5
Значение	$439 \cdot 10^{-6}$	$17,5 \cdot 10^{-3}$	0,7	28,1	1122,95

Представлены результаты вычисления отклика для цепи безынерционного нелинейного элемента при гармоническом воздействии. На рис. 1 представлена ВАХ нелинейного элемента в диапазоне напряжений от 0,158 до 0,192 В, построенная на основе выражения (1).

$$I_{\text{вых}}(u) = 11 \cdot 10^{-6} + 439 \cdot 10^{-6} \cdot (u - 0,175) + 8773 \cdot 10^{-6} \cdot (u - 0,175)^2 + 117000 \cdot 10^{-6} \times \\ \times (u - 0,175)^3 + 1170000 \cdot 10^{-6} \cdot (u - 0,175)^4 + 9358000 \cdot 10^{-6} \cdot (u - 0,175)^5, \quad (1)$$

где 0,175 – смещающее напряжение, В.

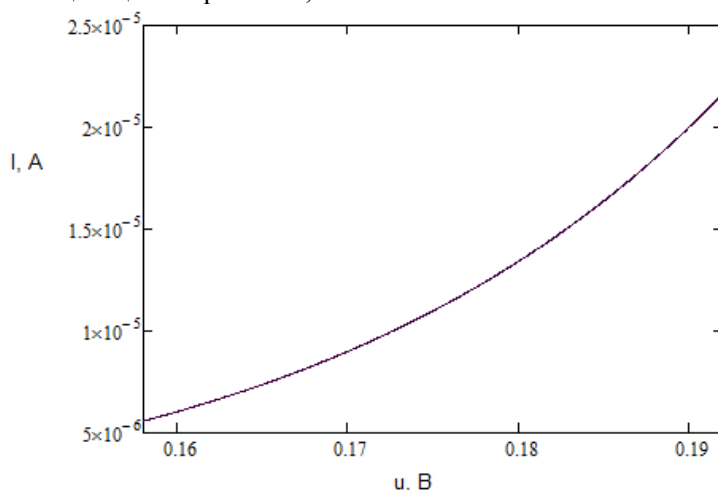


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика рассматриваемого диода

Результаты вычисленных значений производных с первого по пятый порядок при U_0 представлены в табл. 1.

На вход нелинейного элемента подается одна гармоника частотой 700 Гц и амплитудой 0,007 В. В результате на выходе нелинейного элемента наблюдается 5 гармоник (рис. 2). График представлен в логарифмическом масштабе. Из рис. 2 видно, что с увеличением порядка гармоники значения амплитуд выходных токов уменьшаются (табл. 2).

Таблица 2

Спектральные составляющие						
Частота f , Гц	0	700	1400	2100	2800	3500
$I(f)$, А	$1,117 \cdot 10^{-5}$	$3,161 \cdot 10^{-6}$	$2,205 \cdot 10^{-7}$	$1,027 \cdot 10^{-8}$	$3,51 \cdot 10^{-10}$	$9,829 \cdot 10^{-12}$

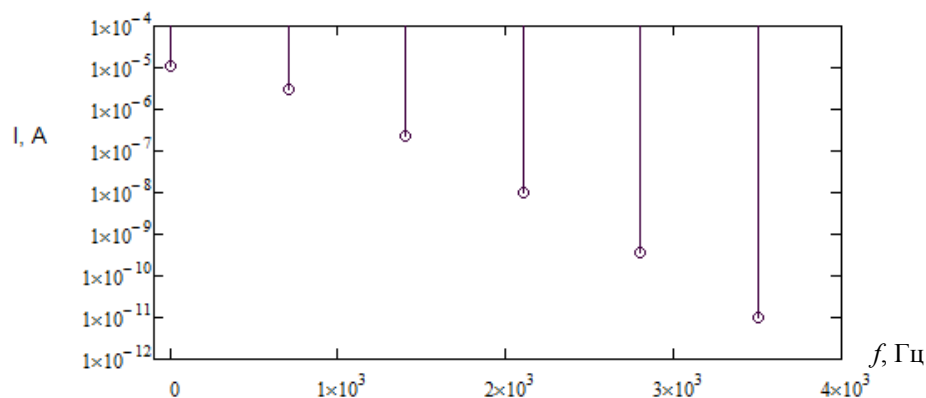


Рис. 2. Спектр выходного тока при подаче на вход одной гармоники

В результате работы был создан алгоритм вычисления отклика от безынерционных нелинейных элементов, при этом сигналы, подававшиеся на вход, были синфазные. Представлены результаты расчета реакции нелинейной цепи на входное гармоническое воздействие. В настоящее время производится тестирование предложенного алгоритма при воздействии на нелинейный элемент полигармонического воздействия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-07-98-17 р_сибирь_a.

Литература

1. Газизов Т.Р. Электромагнитная совместимость и безопасность радиоэлектронной аппаратуры: учеб. пособие. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 256 с.
2. Базенков Н.И. Нелинейные эффекты и электромагнитная совместимость: учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 1997. 216 с.

УДК 621.382:629.78

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТОКОВ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Р.Р. Газизов

Предложена структура программного модуля, позволяющего выполнять вычисление токов вдоль многопроводной линии передачи с помощью квазистатического анализа и диаграмм направленности излучения, а также их динамической визуализации. Представлены первые результаты вычислений.

Ключевые слова: многопроводная линия передачи, печатная плата, диаграмма направленности излучения, электромагнитная совместимость.

В современном мире быстрыми темпами растет количество радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Её структура имеет тенденцию к минимизации и повышению плотности компоновки внутренних конструкций. Плотность компоновки

и рост частот помеховых сигналов заставляют уделять все большее внимание обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС) [1, 2].

В настоящее время для анализа ЭМС печатных плат широко используют численные методы. С их помощью можно вычисление формы токов и напряжений, а также диаграмм направленности излучения. Однако для более ясного понимания причин возникновения, выявления мест и способов уменьшения электромагнитных помех необходима визуализация полученных результатов. Первые результаты по визуализации напряжений вдоль многопроводной линии передачи, выполненные для тестовой схемы [3] (рис. 1), представлены в работе [4] (рис. 2). Однако структура программного модуля с возможностью вычисления токов для диаграмм направленности излучения именно квазистатическим анализом и визуализацией полученных результатов на данный момент не была представлена.

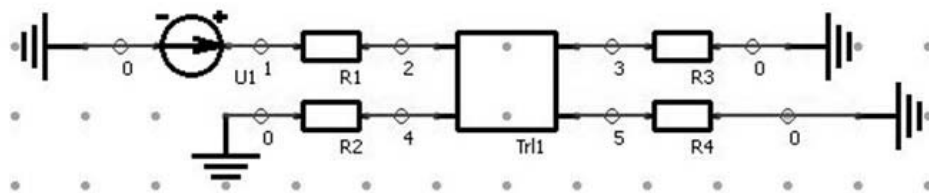


Рис. 1. Тестовая схема

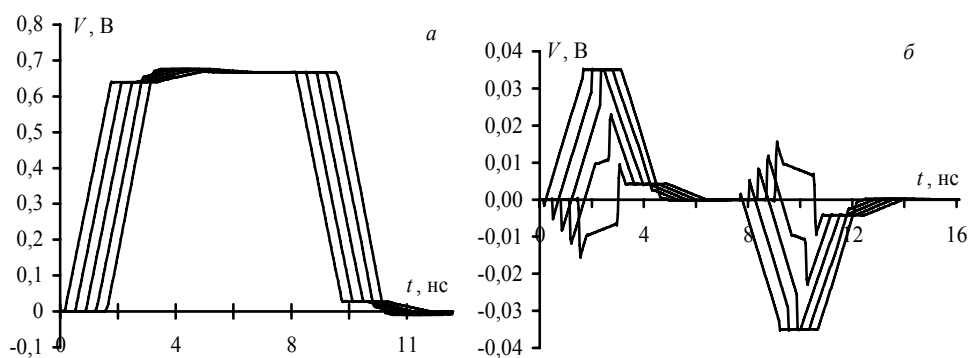


Рис. 2. Формы напряжений вдоль активного (а) и пассивного (б) проводника

Цель работы – описать структуру программного модуля, позволяющего выполнять вычисление токов вдоль многопроводной линии передачи с помощью квазистатического анализа и диаграмм направленности излучения, а также их динамической визуализации.

На внешнем рынке предлагается несколько десятков мощных софтов для моделирования ЭМС. Лидерами являются такие программные продукты, как CST MWS, FEKO, EMC Studio. На внутреннем рынке таких программ мало, среди которых квазистатический анализ используется в ELCUT.

Предлагаемый программный модуль включает: квазистатическое вычисление напряжений и токов вдоль каждого проводника многопроводной линии передачи (МПЛП), вычисление диаграмм направленности излучения, представление форм напряжений, токов и диаграмм направленности в 2D- и 3D-графике, анимированное представление форм напряжений и токов вдоль МПЛП.

Диаграмма направленности излучения, вычисленная для рис. 1, представлена на рис. 3.

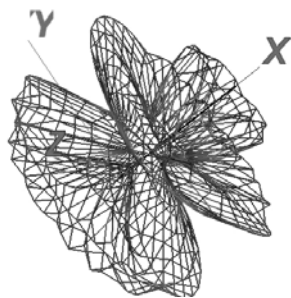


Рис. 3 Диаграмма направленности излучения для рис. 1

Возможность вычисления токов для диаграмм направленности излучения именно квазистатическим анализом позволит резко уменьшить вычислительные затраты при выполнении анализа более сложной схемы по сравнению с электродинамическим анализом.

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

Литература

1. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры. 2007. М., 616 с.
2. Газизов Т.Р. Электромагнитная совместимость и безопасность радиоэлектронной аппаратуры: учеб. пособие. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 256 с.
3. Газизов Р.Р. Участие студентов младших курсов в НИОКР ТУСУРа по космической тематике как начало подготовки кадров для ракетно-космической отрасли: Сб. тезисов общерос. молодежной науч.-техн. конф. «Молодежь. Техника. Космос» (БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова), 20–22 марта 2013 г., г. Санкт-Петербург (в печати).
4. Газизов Р.Р. Результаты квазистатического анализа токов вдоль отрезка многопроводной шины печатной платы / Научная сессия ТУСУР–2013: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 15–17 мая 2013 г. Томск: В-Спектр, 2013.

УДК 621.372.2

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ СРЕДЫ СИСТЕМЫ TALGAT

Ев.В. Лежнин

Описан процесс электростатического анализа с помощью разработанных для системы TALGAT инструментов.

Ключевые слова: электростатический анализ, визуализация, вокселизация.

Существует потребность в программном обеспечении для компьютерного моделирования радиоэлектронных устройств с учётом требований электромагнитной совместимости (ЭМС). Как правило, задачи обеспечения ЭМС решаются при помощи различных методов, одним из которых является электростатический анализ. Существует много систем электромагнитного моделирования, одна из которых – система TALGAT, позволяющая выполнять электростатический и электродинамический анализ сложных структур проводников и диэлектриков [1]. Структуры проводников и диэлектриков моделируются в виде двумерных или трёхмерных конфигураций. Процесс электростатического анализа состоит из построения конфигурации, задания физических параметров, вычислений, визуализации.

На момент начала работы над проектом реализованы средства текстового ввода, команды установки физических параметров, вычислительные команды, несколько базовых средств визуализации.

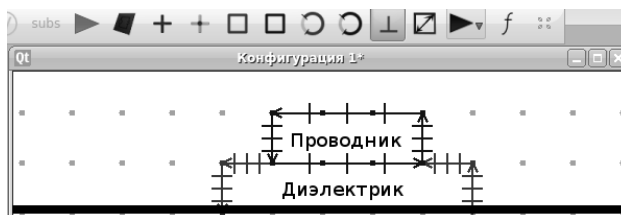
Цель работы – совершенствование интерактивной среды для визуализации системы TALGAT. Для достижения поставленной цели необходимо разработать:

- средства задания параметров конфигурации с помощью графического ввода;
- импорт модели из формата IGES;
- визуализацию плотности заряда в 2D и 3D.

Пользователь должен задать геометрические параметры конфигурации, физические характеристики материала и среды, а также указать, какие характеристики конфигурации должны быть вычислены.

В результате работы для двумерных конфигураций реализована возможность редактирования [2]. Для редактирования конфигураций используются инструменты, представляющие собой графические примитивы: отрезки, прямоугольники, окружности. Данные инструменты позволяют создавать диэлектрические и проводниковые участки конфигурации (рис. 1).

Рис. 1. Окно редактора двумерных конфигураций



Реализован импорт трёхмерных конфигураций из моделей формата IGES, созданных, например, в САПР SolidWorks [3]. При импорте используется функция вокселизации из библиотеки OpenCascade [4] (аппроксимация, в ходе которой все сложные поверхности, представленные В-сплайнами, будут преобразованы в поверхности, образующие воксели, воксели представляют собой кубические элементы). Вокселизация необходима, так как вычислительный модуль трёхмерного электростатического анализа позволяет вычислять параметры только для ортогональных конфигураций. Пример импорта показан на рис. 2.

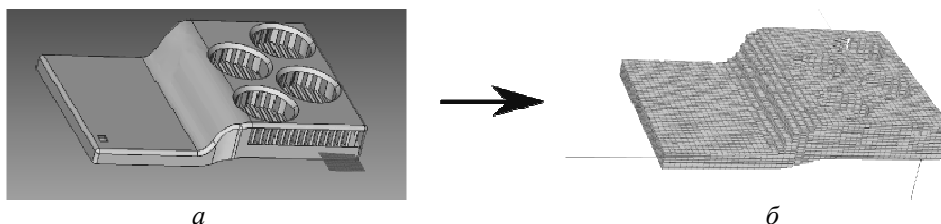


Рис. 2. Пример импорта радиатора климатической экранированной ТЕМ-камеры [5]:
а – из SolidWorks; б – в TALGAT

Реализовано распределение плотности заряда по поверхности конфигурации. Различные участки конфигурации будут иметь цвет в зависимости от плотности заряда. Значение, соответствующее цвету, отображается на цветовой шкале [6]. Визуализация плотности заряда показана на рис. 3 для двумерной конфигурации и на рис. 4 для трёхмерной конфигурации.

Реализованы функции импорта трёхмерной модели, разработан редактор двумерных конфигураций. Разработаны функции отображения плотности заряда на двумерных и трёхмерных конфигурациях. Всё это позволяет TALGAT выполнять электростатический анализ произвольных конфигураций, используя вычислительные команды совместно с различными функциями ввода и интерактивного графического представления модели.

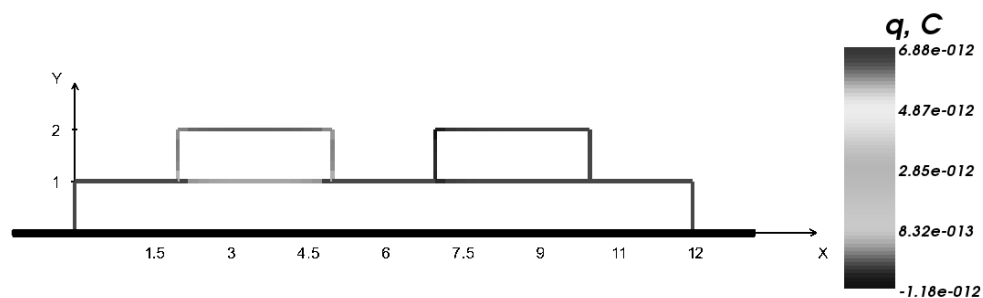


Рис. 3. Визуализация плотности заряда для двумерной конфигурации

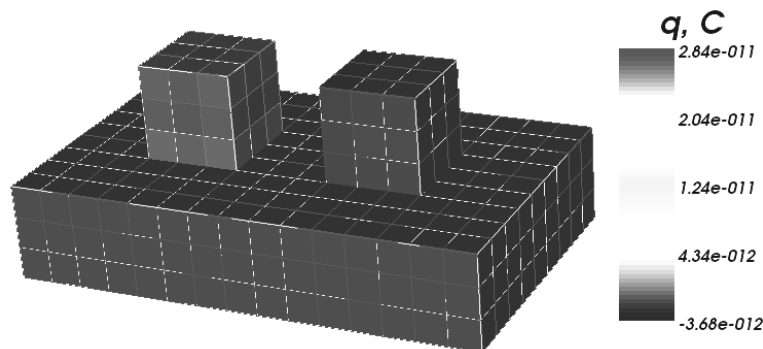


Рис. 4. Визуализация плотности заряда для трёхмерной конфигурации

Литература

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013619615. TALGAT 2012. Авторы: Газизов Т.Р., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Т. и др. Заявка №2013617773. Дата поступления 29 августа 2013 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 11 октября 2013 г.
2. Лежнин Е.В. Редактор двумерных конфигураций проводников и диэлектриков в системе TALGAT / Е.В. Лежнин, А.О. Мелкозеров / Научная сессия ТУСУР–2012: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: в 5 т. Томск, 2012. Т. 1. С. 106–109.
3. Сайт программного продукта SolidWorks [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.solidworks.com/>, свободный (дата обращения: 17.09.2014).
4. Сайт библиотеки OpenCascade [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.opencascade.org/>, свободный (дата обращения: 17.09.2014).
5. Комнатнов М.Е. Камера для совместных климатических и электромагнитных испытаний электронных компонентов / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов // Техника радиосвязи (В печати).
6. Лежнин Е.В. Улучшение пользовательского интерфейса системы TALGAT / Е.В. Лежнин, А.О. Мелкозеров // Доклады ТУСУРа. Томск: В-Спектр. 2011. С. 137–140.

УДК 621.317.3

**ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЕВ ИЗДЕЛИЙ
ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

С.А. Артющев, А.А. Бомбизов, А.Е. Здрок, А.Г. Лоцилов

Приводятся результаты разработки установки для измерения электрических параметров элементов топологии функциональных слоев устройств органической электроники. Описаны основные этапы проектирования, а также результаты предварительных испытаний разработанного измерительного стенда.

Ключевые слова: органическая электроника, топология, измерение сопротивления, дефект.

Разработка устройств органической электроники. Развитие органической электроники и применение полимерных материалов способствовали появлению оригинальных методов их нанесения. Так, будущее органической электроники связывают с печатной технологией, когда материалы наносят с помощью струйных принтеров и плоттеров. Сейчас основные усилия разработчиков сосредоточены на обеспечение таких требований к проводникам, как простота нанесения, механическая прочность, гибкость, высокая проводимость. Предполагается, что достижение результата по таким показателям будет способствовать развитию практического применения новых технологий в мобильных и сверхтонких устройствах.

Одна из таких работ проводится коллективом ТУСУРа совместно с научной группой НИ ТГУ (г. Томск) и ИВМС РАН (г. Санкт-Петербург). В рамках ОКР «Разработка базовой технологии изготовления особо плоских полноцветных ОСИД-дисплеев методом принтерной печати» создается отечественная технология изготовления органических светоизлучающих диодов с использованием технологии принтерной печати. Ключевой особенностью выполняемой работы является использование плоттерного принципа нанесения функциональных слоев [1] и применение органических светоизлучающих материалов отечественного производства.

Технология создания ОСИД-дисплеев включает в себя следующие основные операции: формирование (травление) топологического рисунка анодов (ITO); печать транспортного слоя (PEDOT:PSS); печать светоизлучающих слоев (полимерные материалы); формирование (осаждение) топологического рисунка катодов (Ca-Al). На данном этапе ОСИД-дисплеи разрабатываются на основе пассивной матрицы. При этом количество пикселей в столбцах и строках совпадает с количеством анодов и катодов. Таким образом адресное включение пикселей осуществляется путем подачи напряжения на конкретные электроды. Если в процессе создания топологии функциональных слоев возникнет дефект хотя бы на одном из электродов, то это может вывести из строя не отдельный светодиод, а всю строку или столбец. В связи с этим возникает потребность контроля элементов топологии на промежуточных этапах изготовления матриц.

В данной работе рассматривается возможность диагностики качества изготовления функциональных слоев органической электроники по измерению электрических параметров элементов топологии. Следует учитывать, что наличие дефектов в проводниках матрицы может проявляться следующим образом: нарушение целостности проводника – не включается группа пикселей; короткое замыкание смежных проводников – включение группы пикселей без подачи напряжения на них; отклонение формы и рельефа проводника от заданной – неравномерное свечение пикселей.

Разработка измерительной установки и проведение экспериментальных исследований. Для обеспечения контроля элементов топологии на ранних этапах изготовления ОСИД-матриц была выполнена разработка и изготовлен автоматизированный стенд для измерения электрического сопротивления электродов.

Следует отметить, что материалы, используемые для создания ОСИД-дисплеев, не позволяют осуществлять коммутацию посредством пайки, а также подвержены механическому повреждению при сильном и/или многократном контакте. В связи с этим было применено конструктивное решение в виде прижимного контакта. Учитывая ограниченность номенклатуры выпускаемых соединителей, обеспечивающих прижимное (board-to-board) соединение, и высокую плотность выводов, было принято ограничиться максимальной размерностью информационного поля опытных образцов матриц, равной 30×30 мм при количестве анодных и катодных электродов не более 48. Для этих целей были использованы разъемы Samtec SIBF-25-F-S-AD, внешний вид которых представлен на рис. 1.

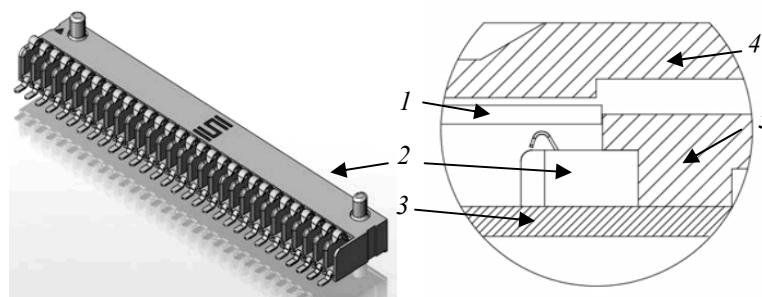


Рис. 1. Прижимные разъемы для позиционирования ОСИД-матрицы в коммутаторе:
1 – ОСИД-матрица; 2 – разъем с электрическими контактами; 3 – печатный узел,
4 – верхняя крышка держателя; 5 – нижняя крышка держателя

Преимущество автоматизированного стенда заключается в том, что при однократном размещении исследуемой матрицы в держателе можно за счет программного управления коммутатором поочередно измерить параметры всех электродов матрицы. Также устраняется проблема традиционного подхода измерения сопротивления каждого проводника с использованием омметра, заключающаяся в сложности отыскания электродов малых размеров, выполненных из практически прозрачных материалов. На рис. 2 представлен разработанный коммутатор, обеспечивающий следующее характеристики:

- количество пикселей ОСИД-матрицы: 16×16 (RGB-вариант), 48×48 (монокромный вариант);
- линейные размеры ОСИД-матрицы: 50×50 мм;
- схема измерения параметров: четырехпроводная;
- диапазон тестовых напряжений: до 175 В;
- максимальный постоянный ток: 1 А.

Разработанный коммутатор может использоваться как автономно для демонстрации режимов свечения изготовленных образцов, так и в составе измерительного стенда.

Разработанный стенд включает в себя представленный коммутатор и измеритель Keithley 2601B, который сочетает в себе источник питания, источник тока, цифровой мультиметр, генератор произвольных сигналов, импульсный генератор напряжения или тока, электронные нагрузки. Для автоматизированного управления данным прибором и коммутатором через ПК было разработано соответствующее программное обеспечение в среде программирования NI LabVIEW 11. На рис. 3 приведен интерфейс программного обеспечения. Для подключения объекта исследования к измерительному прибору коммутатор был разработан с учетом сохранения особенностей реализации четырехпроводной схемы измерений (независимая трассировка линий с последующим попарным объединением непосредственно на прижимных разъемах).

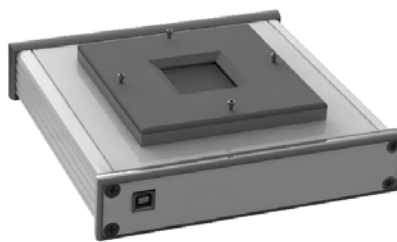


Рис. 2. Общий вид коммутатора ОСИД-матриц

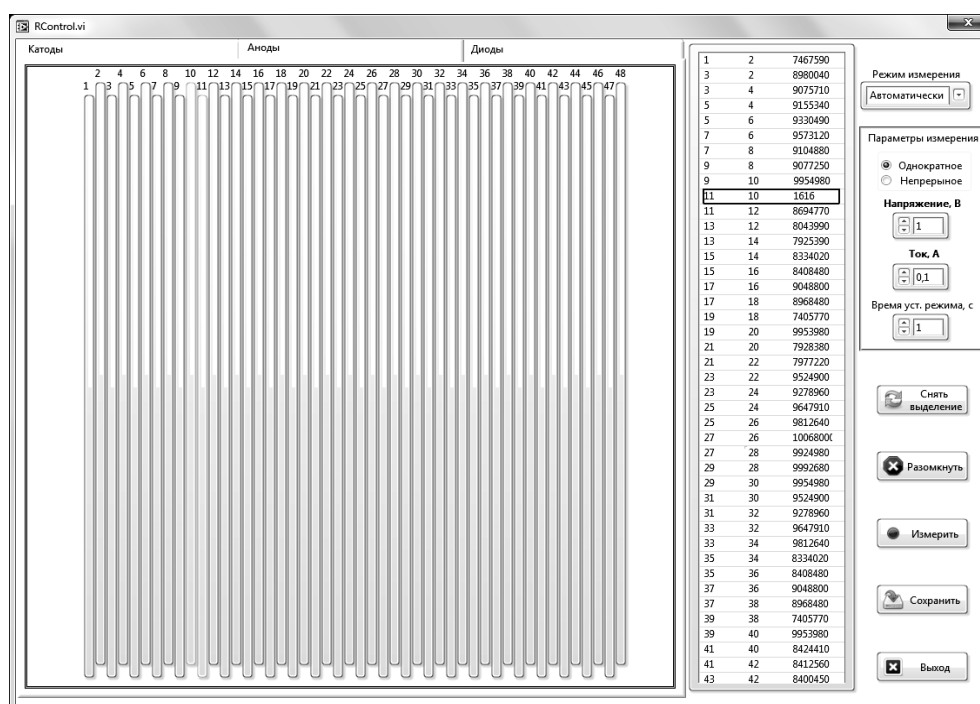


Рис. 3. Интерфейс программного обеспечения для управления измерительным стендом

Для проверки работы измерительного стенда было проведено измерение сопротивления анодного слоя матрицы, описанной выше. В данном случае в качестве анодного слоя использовалась пленка ИТО. Во время измерений были обнаружены дефекты после травления (рис. 4), которые привели к шунтированию соседних анодов. Из рис. 3 видно, что дефект в виде короткого замыкания между 10 и 11 анодом проявляется в виде уменьшения сопротивления на три порядка.

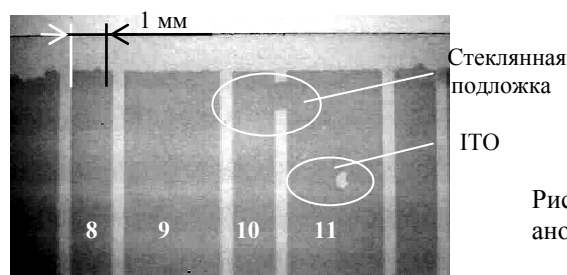


Рис. 4. Дефекты при формировании анодов в слое оксида индия и олова (ITO)

Использование предлагаемого подхода позволяет проводить контроль нанесения материалов и целостности полученных элементов. Так же данный стенд позволяет проводить характеризацию элементов по измерению электрического сопротивления, что может использоваться при моделировании устройств органической электроники.

Одним из важных параметров в органической электронике является равномерность рельефа получаемых пленок, так как толщина пленки влияет на функциональные свойства создаваемых устройств. На данный момент контроль рельефа осуществляется оптическими методами измерения. При этом для снятия профилограммы протяженных элементов топологии необходимо проводить сканирование всей поверхности пленки, что увеличивает время контроля. Однако, учитывая, что электрическое сопротивление пленки определяется ее геометрическими параметрами, представляется возможным по сопротивлению протяженных проводников оценивать равномерность их нанесения. Для этих целей применимы импульсные методы измерения сопротивления [2, 3]. Так, применение видеоимпульсной рефлектометрии позволит вести пространственное обнаружение локальных дефектов (рис. 4, анод 11) вдоль всего проводника при одном измерении.

Заключение. Разработанный автоматизированный измерительный стенд позволяет измерять сопротивление проводящих структур и может быть применим для характеризации сопротивления проводников из различных материалов, в том числе органических. Использование различных режимов коммутации позволяет осуществлять контроль целостности протяженных структур, а также проверять наличие шунтирующих неоднородностей смежных структур.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-3149014 мол_а.

Литература

1. Здрок А.Е. Исследование технологии плоттерной печати изделий полимерной электроники // 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. 180–183.
2. Туев В.И. Измерение сопротивлений двухполюсников с применением импульсного сигнала // Известия Том. политех. ун-та. 2006. № 1. С. 178–182.
3. Семёнов Э.В. Нелинейная рефлектометрия с применением видеоимпульсных тестовых сигналов // Известия Том. политех. ун-та. 2006. Т. 307, № 3. С. 153–155.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОДИОДНЫХ МАТРИЦ

А.Г. Лоцилов, М.А. Лазько, А.А. Бомбизов, С.П. Караульных, И.М. Макаров

Разработан измерительный комплекс для исследования электрических и оптических характеристик органических светодиодных матриц OLED IV Analyzer. Приведены технические и функциональные характеристики разработанного измерительного комплекса. Представлены результаты измерения вольт-амперных и вольт-яркостных характеристик опытного образца ОСИД матрицы отечественного производства. Предложена методика экстракции параметров элементов ОСИД-матрицы.

Ключевые слова: измерительный комплекс, органические светодиоды, печатная электроника, вольт-амперные характеристики, вольт-яркостные характеристики, анализ деградации, экстракция параметров.

Актуальность разработки. Органические светоизлучающие диоды (ОСИД) обладают множеством преимуществ по отношению к светодиодам, выполненным по традиционной технологии: более низкое энергопотребление при той же яркости, возможность создания гибких экранов, меньшие габариты и масса, высокий контраст и отсутствие необходимости в подсветке [1]. Еще одним важным достоинством ОСИД является потенциальная возможность применения для большей части операций технологического процесса метода принтерной печати. Данная технология появилась сравнительно недавно и еще до конца не формализована и не внедрена в серийное производство. Поэтому на этапе разработки и внедрения технологий важной является оценка электрических и оптических характеристик опытных образцов, позволяющая выявить оптимальные режимы нанесения слоев ОСИД, а также оптимальный состав применяемых материалов. Для обеспечения работ [2] по созданию отечественной технологии изготовления ОСИД-матриц с использованием метода принтерной печати коллективом СКБ «Смена» (ТУСУР) был разработан специализированный измерительный комплекс для исследования электрических и оптических характеристик ОСИД-матриц.

Описание измерительного комплекса. На рис. 1 приведена структурная схема измерительного комплекса.

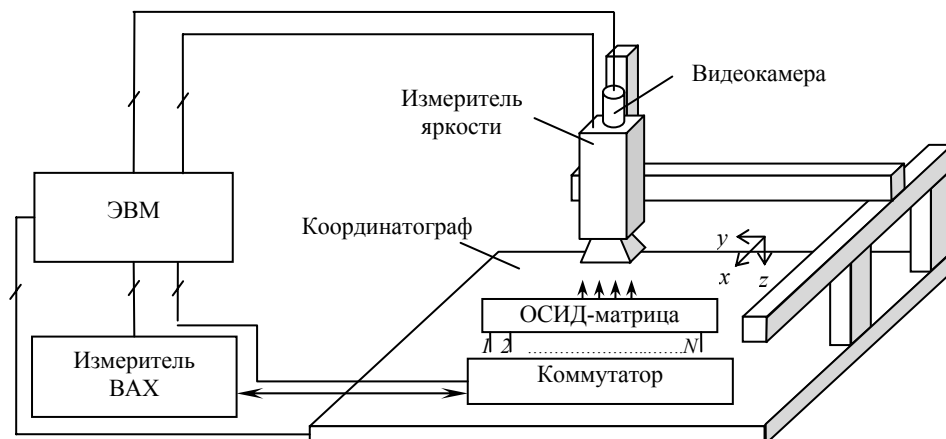


Рис. 1. Структурная схема комплекса

Комплекс функционирует под управлением разработанного программного обеспечения OLED IV Analyzer [3] и позволяет в автоматизированном режиме проводить измерения вольт-амперных и вольт-яркостных характеристик ОСИД-матриц, а также исследовать процесс деградации данных характеристик с течением времени в зависимости от режима их функционирования. На рис. 2 приведен интерфейс разработанного программного обеспечения.

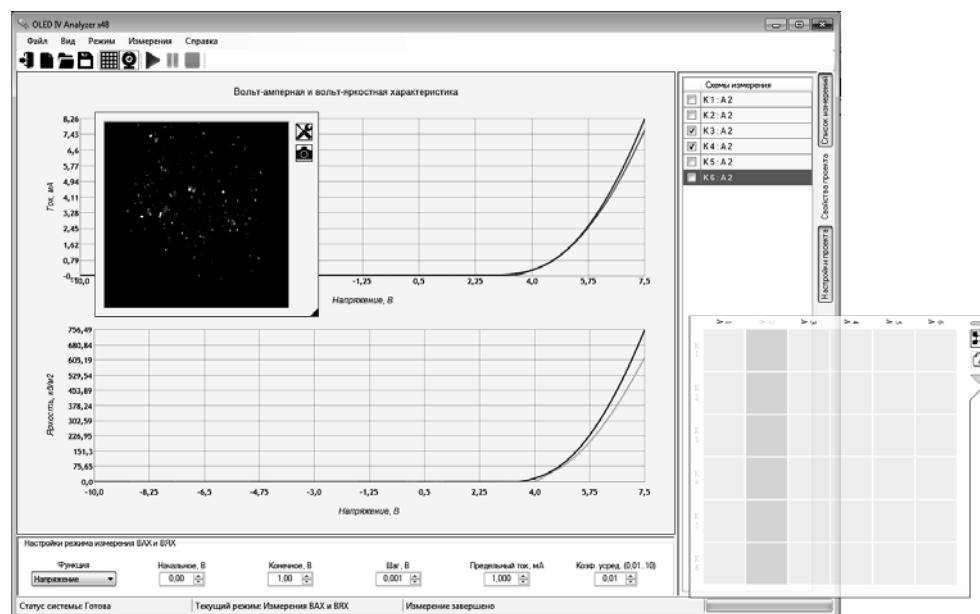


Рис. 2. Интерфейс программы OLED IV Analyzer

Процесс измерения выполняется в следующей последовательности:

- выполняется калибровка системы позиционирования (с помощью элементов управления и системы машинного зрения инициализируется положение угловых пикселей матрицы);
- задается перечень измеряемых пикселей (с помощью специального визуального компонента – маски матрицы);
- задаются диапазоны изменений напряжений (тока) и шаг перестройки;
- запускается режим измерений.

В ходе выполнения измерений интерфейс программного обеспечения отображает измеряемые зависимости тока и яркости пикселей от приложенного напряжения, а также видеопоток свечения данного пикселя в реальном масштабе времени.

В состав измерительного комплекса входит следующее оборудование:

1. Измеритель вольт-амперных характеристик Keithley 2601B.
2. Измеритель яркости Chroma Meter CS-200.
3. Координатограф IAI table top TT.
4. Коммутатор ОСИД-матриц КМ-48.
5. Видеокамера MicrosoftLifeCam.
6. Персональный компьютер с программным обеспечением OLED IV Analyzer.

Ниже представлены основные технические характеристики измерительного комплекса:

- измерение тока в диапазоне от 1 пА до 3 А;
- измерение напряжения в диапазоне от 1 мкВ до 40 В;
- измерение яркости в диапазоне от 0,01 до 20 000 000 кд/м²;
- минимальная площадь измерения яркости 0,1 мм;
- повторяемость позиционирования $\pm 0,02$ мм.

Функциональные возможности комплекса:

- измерение вольт-амперных характеристик;
- измерение вольт-яркостных характеристик;
- проведение испытаний на деградацию;
- экстракция параметров элементов матрицы.

Фотография разработанного измерительного комплекса приведена на рис. 3.

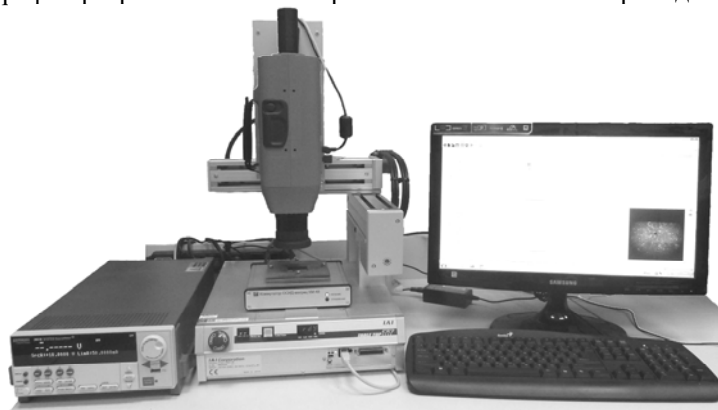


Рис. 3. Фотография измерительного комплекса

Экспериментальные исследования. С использованием разработанного комплекса были проведены экспериментальные исследования макетов монохромных ОСИД матриц ЕГВА.467848.401 размерностью 6×6 пикселей (рис. 4, 5).

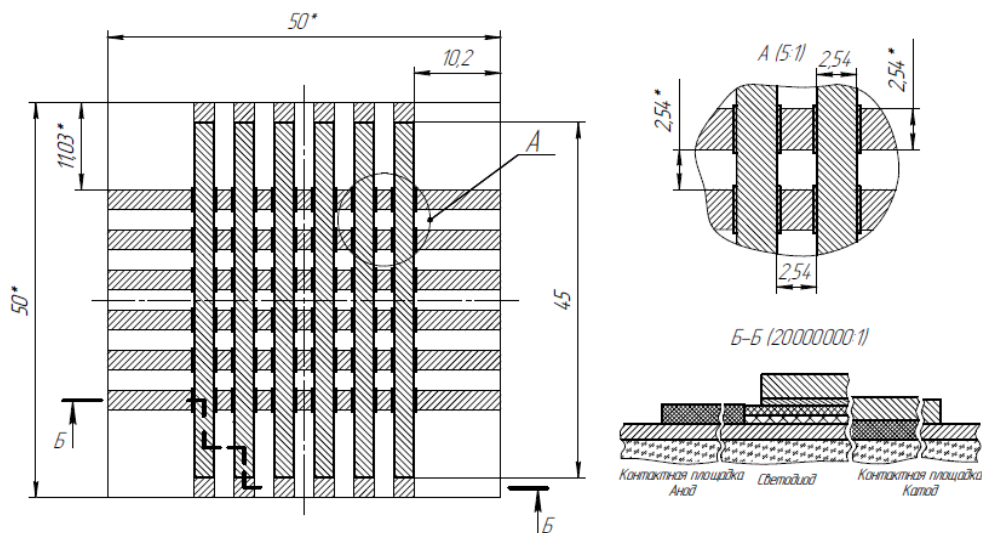
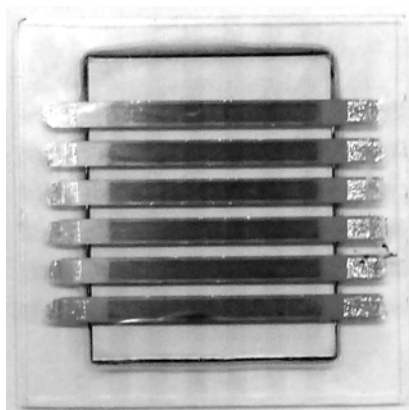


Рис. 4. Чертеж ОСИД-матрицы ЕГВА.467848.401



На рис. 6, 7 представлены результаты измерения вольт-амперных и вольт-яркостных характеристик пикселей матрицы при подаче потенциала на первый анод матрицы, нулевой потенциал при этом последовательно подавался на катоды: с первого по шестой.

Рис. 5. Фотография опытного образца матрицы EGVA.467848.401

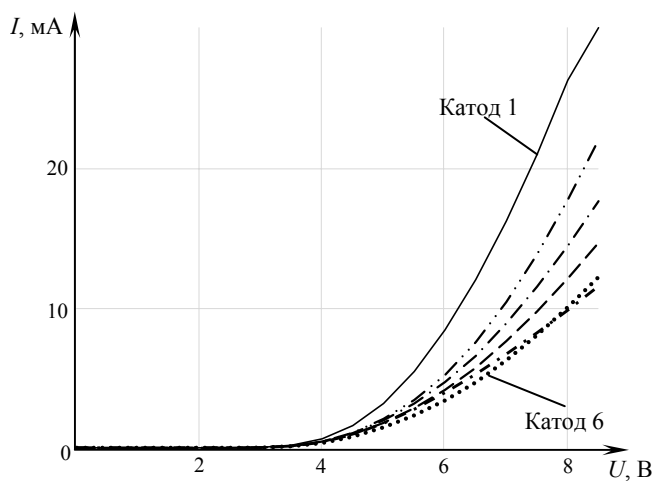


Рис. 6. Вольт-амперные характеристики элементов ОСИД-матрицы

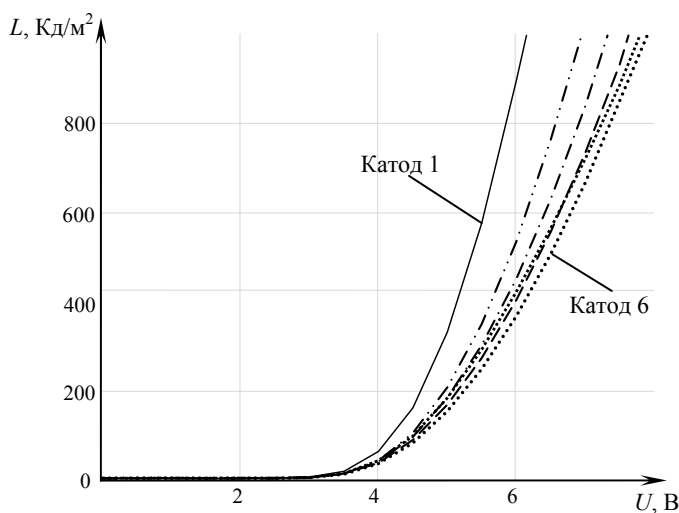


Рис. 7. Вольт-яркостные характеристики элементов ОСИД-матриц

Как видно из результатов измерений, с ростом номера катода увеличивается наклон вольт-амперных и вольт-яркостных характеристик. Кроме того, можно заметить, что некоторые из характеристик пересекаются. Увеличение наклона характеристики связано с тем, что длина подводящей линии анода с ростом катода растет, следовательно, растут и потери в проводниках. Что касается пересечения характеристик, это можно объяснить неидеальностью технологического процесса, в результате которого появляется разброс параметров элементов ОСИД-матрицы.

В ходе экспериментальных исследований также было обнаружено, что с течением времени неравномерность свечения пикселей матрицы может изменяться. Это объясняется процессами деградации, протекающими в функциональных слоях светодиодов ОСИД-матрицы. Для характеристики этих процессов в программном обеспечении OLED IV Analyzer предусмотрен режим анализа деградации. Алгоритм исследований состоит в следующем:

- для каждого из элементов матрицы устанавливается уровень питающего напряжения;
- устанавливается пороговая величина изменения тока (яркости) на элементе;
- запускается режим измерений;
- при превышении пороговой величины тока (яркости) измеряется вольт-амперная (вольт-яркостная) зависимость и сохраняется в базу данных.

Результат таких экспериментальных исследований представляет собой временную зависимость семейства ВАХ (ВЯХ) элементов ОСИД-матрицы.

Экстракция параметров. Очевидно, что значительная неодинаковость ВАХ и ВЯХ неизбежна для ОСИД-матриц с пассивной схемой управления. Для компенсации неравномерности свечения необходимо решить обратную задачу – определить параметры эквивалентной схемы элементов матрицы для обеспечения оптимальных режимов управления и достижения равномерности свечения пикселей.

Определение параметров элементов матрицы может быть выполнено путем экстракции параметров светодиодов на основании измеренных вольт-амперных (вольт-яркостных) характеристик. Учитывая в первом приближении линейную зависимость яркости от тока через ОСИД, рассмотрим методику экстракции параметров элементов ОСИД-матрицы по результатам измерения вольт-амперных характеристик.

Вольт-амперная характеристика диода описывается выражением

$$U_d = \varphi_T \ln \left(\frac{I_d}{I_S} + 1 \right) + R_S \cdot I_d, \quad (1)$$

где U_d и I_d – значение напряжения и тока на диоде; φ_T – тепловой потенциал; I_S – ток насыщения; R_S – объемное сопротивление.

При этом экстракция основных параметров модели диода может быть выполнена по трем специально отобранным точкам ВАХ: I_{d3} – предельный ток через элемент (устанавливался исходя из предельной плотности рабочего тока на пикселе матрицы, равной 500 мА/см²); $I_{d2} = I_{d3}/2$; $I_{d1} = I_{d2}/2$.

Расчет параметров эквивалентной схемы диодов R_S , φ_T , I_S выполнялся в соответствии с выражениями:

$$R_S = \frac{U_{d1} - 2 \cdot U_{d2} + U_{d3}}{I_{d1}}, \quad (2)$$

$$\varphi_T = \frac{3 \cdot U_{d2} - 2 \cdot U_{d1} - U_{d3}}{\ln 2}, \quad (3)$$

$$I_S = I_{d1} \cdot \exp\left(-\frac{2 \cdot U_{d2} - U_{d3}}{\varphi_T}\right). \quad (4)$$

В результате может быть получена эквивалентная схема ОСИД матрицы, описанная через φ_T , I_S , R_S -параметры входящих в нее светодиодов, после чего не составит труда рассчитать оптимальные значения напряжений между каждой из пар «анод–катод», обеспечивающие равные токи через светоизлучающие элементы ОСИД матрицы.

Заключение. Разработан измерительный комплекс для автоматизированного анализа электрических и оптических характеристик ОСИД матриц. Описаны факторы, влияющие на неравномерность свечения матриц с пассивной адресацией. Продемонстрирована возможность компенсации неравномерности свечения матрицы путем экстракции параметров элементов ОСИД-матрицы на основании результатов измерения вольт-амперных характеристик. Предложена и реализована в измерительном комплексе методика исследования деградации элементов ОСИД-матрицы.

Литература

1. Майская В. Органические светодиоды: удивительное рядом // Электроника: наука, технология, бизнес. 2007. № 5. С. 39–46.
2. Разработка базовой технологии изготовления особо плоских полноцветных ОСИД-дисплеев методом принтерной печати: отчет по ОКР: х/д № 50/12 / рук. В.И. Туев Томск: ТУСУР, 2013. 99 с.
3. Свидетельство на программу ЭВМ №2014614242. Программное обеспечение автоматизированного комплекса для исследования электрических и оптических характеристик органических светодиодных матриц / М.А. Лазько, А.Г. Лощилов, А.А. Бомбизов, И.М. Макаров. Приоритет 12.03.2014, дата регистрации 21.04.2014.

УДК 621.317.616

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДОЗАТОРА ПЛОТТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПЕЧАТИ

А.Е. Здрок, А.Г. Лощилов, С.А. Артюшев

Приводится описание функционирования плоттерной системы печати Sonoplot GIX II. Обсуждаются некоторые основные недостатки, выявленные в ходе ее эксплуатации. Предложен способ оценки степени наполненности капилляра, основанный на измерении электрических характеристик пьезоэлектрического дозатора. Получены экспериментальные зависимости модуля комплексного сопротивления пьезоэлектрического дозатора от степени наполненности капилляра.

Ключевые слова: плоттерная печать, пьезоэлектрический резонанс, импеданс.

Процесс изготовления органической электроники предполагает использование различных методов нанесения токопроводящих и светоизлучающих слоев: вакуумное напыление, центрифугирование, осаждение органических материалов

из газовой фазы, принтерная печать. Последний из упомянутых способов, в настоящее время, становится все более актуальным. Это можно объяснить следующими преимуществами перед остальными методами: высокое разрешение (от десятков микрометров); высокая степень полезного использования материалов; высокая технологичность и совместимость почти с любым типом подложек [1, 2].

Коллективом СКБ «Смена» в рамках ОКР «Органика» [3] выполнялись работы по изучению технологии печати проводящих, светоизлучающих и изолирующих слоев с использованием плоттерного принципа нанесения. В качестве печатного оборудования была выбрана система плоттерной печати – микроплоттер GIX Microplotter II [4, 5]. Печатающим элементом (дозатором) данной системы является капилляр с жидкостью с установленной на нем пьезоэлектрической пластиной, изображенный на рис. 1. Типичный внутренний диаметр печатающего капилляра 10–60 мкм, что позволяет получить минимальную ширину элементов топологии от 50 мкм.

С кончика капилляра под действием вибрации в направлении продольной оси свисает капля раствора. Система позиционирования обеспечивает контакт мениска жидкости с поверхностью подложки и перемещение капилляра по заданной траектории. При этом в каждой точке траектории контакт самого капилляра с поверхностью подложки должен быть исключен. Фотография, поясняющая принцип нанесения жидкости плоттерной системой, приведена на рис. 2.

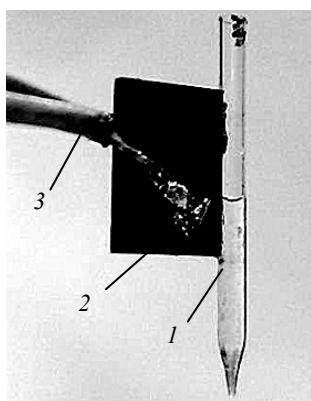


Рис. 1. Пример устройства дозатора

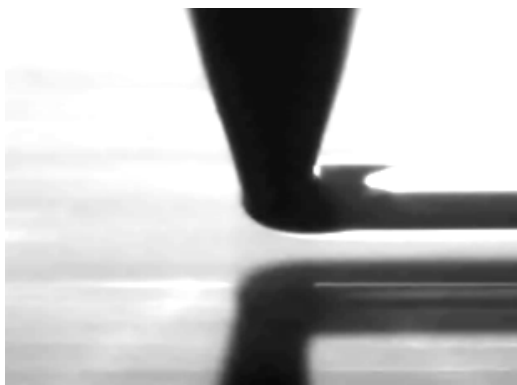


Рис. 2. Пример нанесения жидкости при помощи плоттерной системы печати

Управление режимом дозирования осуществляется на резонансных частотах дозатора, на рис. 3 приведен пример частотной характеристики дозатора, полученной с использованием программного обеспечения SonoPlot в процессе калибровки.

В ходе эксплуатации плоттерной системы печати экспериментально были подтверждены основные преимущества данной системы по отношению к системам, построенным с использованием струйного метода нанесения:

1. Возможность получения сплошных однородных пленок в отличие от пленок, полученных методом перекрывающихся капель.
2. Высокое пространственное разрешение (от 5 мкм).
3. Высокая степень детализации (экспериментально получено разрешение линий шириной 50 мкм, с шагом между центрами линий 85 мкм).
4. Малая толщина слоя (от 30 нм).

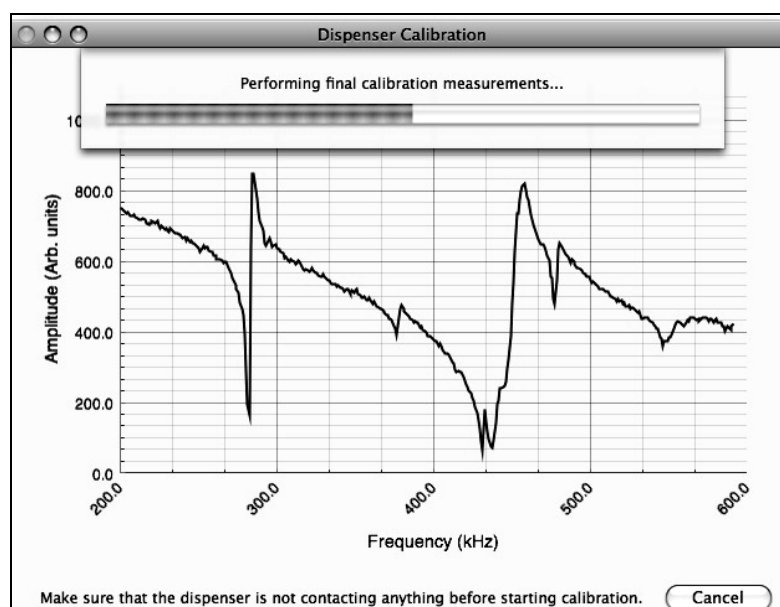


Рис. 3. Частотная характеристика импеданса пьезоэлемента

Однако в ходе эксплуатации прибора были обнаружены некоторые недостатки, влияющие на качество получаемых образцов и воспроизводимость печати.

В частности, было обнаружено, что толщина пленок, полученных путем плоттерной печати, неоднородна по длине. Это связано с тем, что объем капли на кончике капилляра уменьшается по мере снижения уровня чернил. Нередко происходил сбой печати по причине того, что раствор в капилляре заканчивался раньше, чем было необходимо для нанесения рисунка.

Данные наблюдения привели к выводу, что для повышения стабильности и повторяемости печати с использованием плоттерного принципа нанесения необходимо осуществлять постоянный контроль уровня раствора в дозаторе.

Было принято решение произвести экспериментальные исследования того, насколько чувствительны частотные характеристики дозатора плоттерной системы к степени наполненности капилляра раствором.

Экспериментальная часть. Для этих целей была собрана экспериментальная установка, фотография которой приведена на рис. 4.



Рис. 4. Фотография экспериментальной установки

Экспериментальная установка включает в себя: анализатор импеданса Agilent E4980A (поз. 1); держатель с дозатором плоттерной системы (поз. 2); видеокамеру, позволяющую фиксировать уровень жидкости в капилляре дозатора (поз. 3); персональный компьютер (поз. 4).

Для автоматизированного съема и обработки экспериментальных данных создано программное обеспечение IDR 1.0 (Ink Dispenser Research).

Для трёх состояний наполненности капилляра были измерены частотные характеристики комплексного сопротивления пьезоэлемента дозатора в полосе частот 400–450 кГц. На рис. 5 приведены результаты измерений.

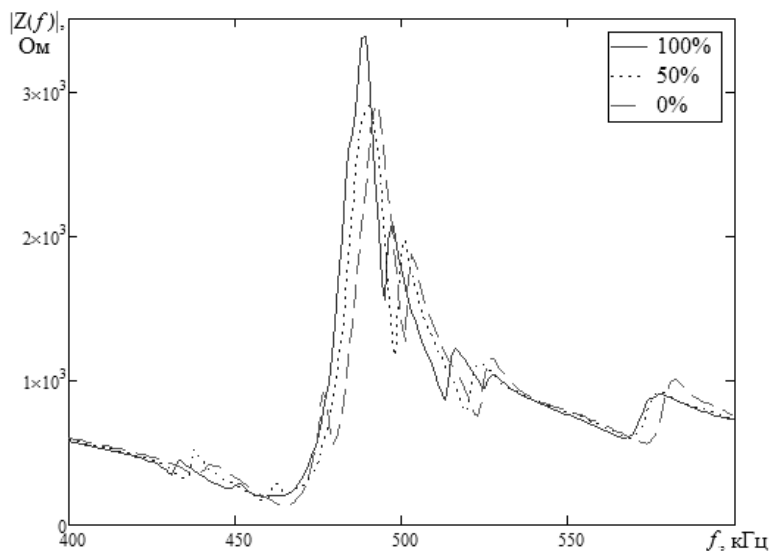


Рис. 5. Зависимость модуля импеданса от частоты

Заключение. Из полученных характеристик видно, что с изменением уровня наполненности капилляра изменяются частотные характеристики пьезоэлемента. Наблюдается смещение резонансной частоты вверх с уменьшением степени наполненности капилляра, а также увеличивается добротность резонансной системы. В задачи последующих исследований входит анализ достижимых метрологических характеристик предложенного способа оценки степени наполненности капилляра плоттерной системы.

Литература

1. Печатная электроника [Электронный ресурс]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Печатная_электроника (дата обращения: 4.02.2014).
2. Группа компаний Ostec [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ostec-group.ru>. Режим доступа: свободный (дата обращения: 4.03.2014).
3. Разработка базовой технологии изготовления особо плоских полноцветных ОСИД-дисплеев методом принтерной печати: отчет по ОКР: х/д № 50/12 / рук. В.И. Туев. Томск: ТУСУР, 2013. 99 с.
4. GIX Microplotter II: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sonoplot.com/products/gix-microplotter-ii> (дата обращения: 18. 02. 2014).
5. Larson B.J. New technologies for fabricating biological microarrays: Dissertation. Wisconsin, 2005. 216 p.

**ПРОБЛЕМА ИСПАРЕНИЯ ЧЕРНИЛ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПЛОТТЕРНЫХ СИСТЕМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПЕЧАТНОЙ
ЭЛЕКТРОНИКИ**

А.М. Аллануров, А.Е. Здрок, А.Г. Лоцилов, Н.Д. Малиутин

Приводится описание струйной и плоттерной технологий изготовления изделий печатной электроники, их достоинств и недостатков. Обсуждается проблема испарения чернил, присущая эксплуатации плоттерной системы печати. Приводятся теоретические и экспериментальные зависимости скорости испарения растворителя от его положения в капилляре. Предложены устройство и алгоритм функционирования плоттерной системы, позволяющие уменьшить эффект испарения чернил.

Ключевые слова: печатная электроника, струйная печать, плоттерная печать, кювета, капилляр, чернила, скорость испарения.

Стремительное развитие информационно-коммуникационных систем диктует новые все более высокие требования к электронным устройствам в части массогабаритных параметров, стоимости, обеспечения функциональности и технологичности. Одной из технологий, которая уже в ближайшем будущем начнет заменять традиционные субтрактивные технологии изготовления печатных плат и изделий микроэлектроники, является печатная (принтерная) технология формирования рисунков функциональных слоев. Печатная технология обладает несколькими достоинствами по отношению к нынешним решениям – возможность создавать изделия любой формы, высокая технологичность, дешевизна, использование широкого спектра материалов [1, 2].

К основным областям применения печатной технологии традиционно относятся: изготовление органических солнечных батарей; печать органических дисплеев, в том числе на гибком основании; OLED-освещение; радиометки для систем идентификации; датчики физических величин; карты памяти; гибкие аккумуляторные батареи и др. [3].

Наибольшее распространение в цифровой технологии печати получил метод струйной пьезоэлектрической печати (Piezoelectric Ink Jet). Над соплом такого принтера расположен пьезокристалл с диафрагмой. Когда на пьезоэлемент подается напряжение, он изгибается и давит на диафрагму – формируется капля, которая впоследствии выталкивается на поверхность. Указанный метод реализован в специализированных принтерах фирмы Fujifilm, Dimatix [4, 5], CeraDrop CeraPrinter [6], Roth & Rau B.V. PIXDRO [7] и многих других. Использование струйных систем печати сопряжено с обеспечением высоких требований к параметрам применяемых чернил, таких как диапазон вязкости, поверхностное натяжение, размер твердых частиц и др. Отклонение от заданных требований может привести как к ухудшению технологических параметров печати (минимальный диаметр точки, толщина пленки), так и вовсе к выходу из строя печатающей головки. Таким образом, широкое внедрение технологий струйной печати в настоящее время сдерживается наличием доступных растворов функциональных слоев (чернил).

В связи с этим представляют интерес альтернативные методы печати, свободные от указанных недостатков. Один из таких методов реализован в плоттерной системе печати Gix Microplotter II производства фирмы Sonoplot, США [8].

Печатающим элементом плоттера является капилляр с жидкостью (рис. 1, *а*), на боковой стенке которого закреплен пьезоэлемент. На кончике капилляра под действием вибрации в направлении продольной оси формируется капля чернил. При этом обеспечивается контакт мениска капли с поверхностью подложки (рис. 1, *б*), а перемещение капилляра по заданной траектории приводит к отрыву капли и формированию печатного рисунка.

Преимуществом плоттерной системы печати является высокая точность дозирования растворов (от 0,6 пл), высокое разрешение (от 5 мкм), а также возможность наносить рисунок в виде непрерывных кривых, в отличие от струйных систем печати, которые позволяют получить рисунок путем перекрытия капель жидкости. Кроме этого, такая система является достаточно простой в эксплуатации и не имеет жестких требований к параметрам чернил.

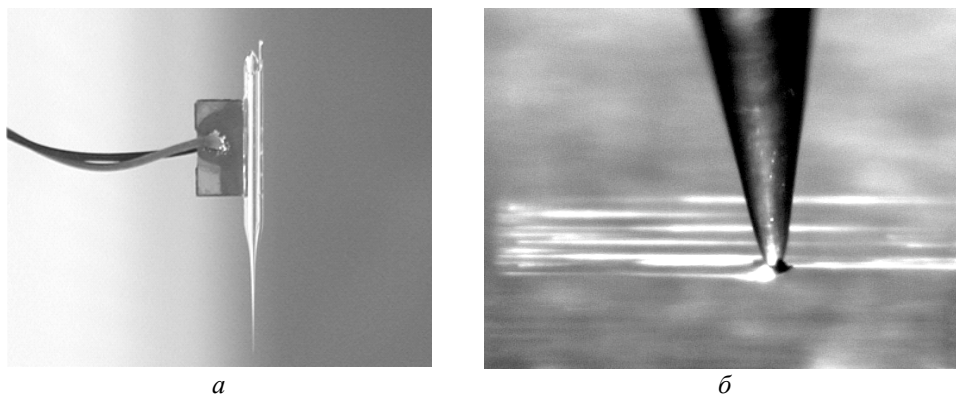


Рис. 1. Плоттерная система печати:

а – печатающая головка плоттера; *б* – фотография процесса нанесения

Основным недостатком рассматриваемой плоттерной системы является изменение концентрации активного вещества в чернилах вследствие испарения растворителя. Это связано с тем, что печать осуществляется из открытого капилляра (см. рис. 1, *а*), а забор чернил выполняется из открытого сосуда (для этих целей в системе Gix Microplotter II используются планшеты для ПЦР-диагностики).

Настоящая работа направлена на анализ этой проблемы и разработку способа, позволяющего минимизировать эффект испарения растворов при эксплуатации плоттерных систем печати.

Анализ скорости испарения. Известно выражение для расчета скорости испарения для жидкостей, налитых в открытые цилиндрические сосуды малых диаметров [9]:

$$V_z = \frac{k_t}{h} \cdot \ln \frac{P - \varphi \cdot P_s}{P - P_s}, \quad (1)$$

где h – путь диффузии паров (расстояние от поверхности жидкости до свободного края цилиндра); k_t – коэффициент диффузии паров при данной температуре; P – давление воздуха; P_s – давление насыщенного пара; $\varphi \cdot P_s$ – давление паров в воздухе.

Из выражения (1) можно увидеть, что скорость испарения жидкости (в приближении статического испарения из капиллярных цилиндрических сосудов ма-

лых диаметров) обратно пропорциональна расстоянию от уровня жидкости до свободного края сосуда и при этом не зависит от диаметра сосуда. Необходимо отметить, что такая зависимость описывает идеализированный случай, который не учитывает многие эффекты, имеющие место на практике: зависимость коэффициента диффузии паров от внешнего давления; зависимость скорости испарения от формы сосуда; зависимость скорости испарения от формы поверхности жидкости и т.д. Поэтому для оценки влияния неучтенных факторов были проведены следующие экспериментальные исследования. Были взяты два цилиндрических сосуда из прозрачного стекла диаметрами 1 и 2 мм. К одному из свободных концов каждого из сосудов через гибкий шланг подключался шприц, после чего сосуды наполнялись тестовой жидкостью. В качестве тестовой жидкости использовался толуол как один из наиболее часто применяемых органических растворителей. После этого капилляры устанавливались напротив объектива видеокамеры и велась запись изменения положения уровня тестовой жидкости от времени.

На основе результатов наблюдений были рассчитаны зависимости скорости испарения жидкости от положения её уровня. Аналогичные расчеты были проведены с использованием выражения (1). На рис. 2 изображены полученные теоретические и экспериментальные зависимости.

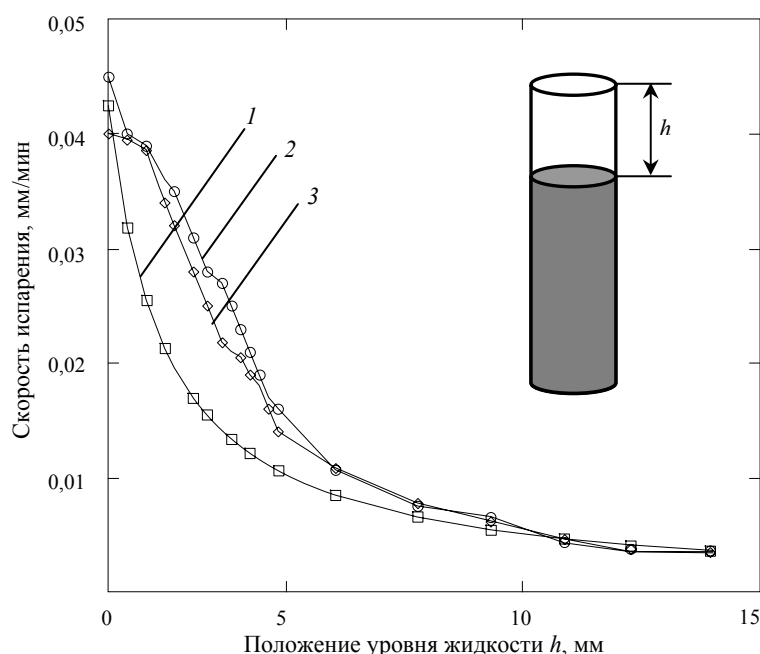


Рис. 2. Зависимости скорости испарения толуола от положения уровня жидкости в кювете: 1 — теоретическая зависимость; 2 — экспериментальная зависимость (диаметр сосуда 1 мм); 3 — экспериментальная зависимость (диаметр сосуда 2 мм)

Было установлено, что экспериментальные зависимости скорости испарения, полученные для сосудов диаметром 1 и 2 мм, отличаются от теоретической зависимости (1) не более чем на 10% при положении уровня жидкости от открытого края кюветы 7 мм и более. При этом при положении уровня жидкости 12 мм и более скорость испарения снижается более чем в 10 раз по отношению к режиму, при котором кювета заполнена полностью. Из этого следует, что для уменьшения

интенсивности испарения целесообразно между операциями заправки печатающей головки плоттерной системы поддерживать уровень раствора толуола в соуде на некотором оптимальном значении.

Предложено модифицировать плоттерную систему, дооснастив её автоматизированной кюветой. При этом алгоритм функционирования модифицированной установки GIX Microplotter II примет следующий вид:

- 1) капилляр плоттера перемещается к кювете с чернилами (рис. 3, *а*);
- 2) с помощью дозатора уровень чернил в кювете поднимается до верхнего края, капилляр опускается в кювету (рис. 3, *б*);
- 3) под действием капиллярного эффекта происходит забор жидкости в капилляр плоттера, после чего капилляр поднимается (рис. 3, *в*);
- 4) с помощью дозатора уровень чернил в кювете опускается до положения, обеспечивающего наименьшее испарение, капилляр перемещается в область печати (рис. 3, *г*);
- 5) осуществляется печать;
- 6) возврат к шагу № 1 при необходимости.

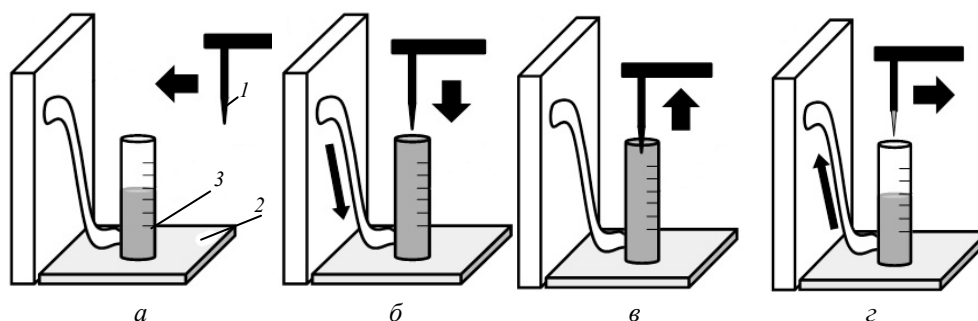


Рис. 3. Схематическое представление последовательности операций заправки печатающей головки GIX Microplotter II: 1 – печатающая головка; 2 – автоматизированная кювета; 3 – чернила

Экспериментальный макет и программное обеспечение. На основе предложенного способа была разработана структурная схема экспериментального макета автоматизированной кюветы, представленная на рис. 4.

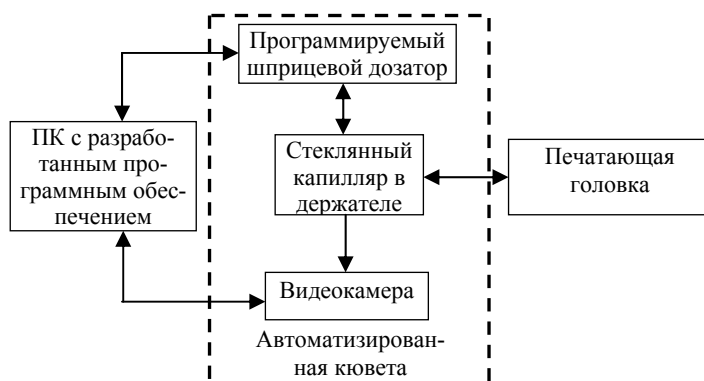


Рис. 4. Структурная схема экспериментального макета автоматизированной кюветы

Автоматизированная кювета представляет собой стеклянный капилляр, установленный в держателе в вертикальном положении, к нижнему концу которого через гибкий шланг подключен выход шприца программируемого шприцевого дозатора. Перемещение поршня шприцевого дозатора определяется командами, поступающими с персонального компьютера. Оптическая обратная связь реализуется при помощи цифровой видеокамеры, подключенной к тому же компьютеру и позволяющей наблюдать за уровнем жидкости в капилляре.

На рис. 5 приведена фотография макета автоматизированной кюветы, разработанной на основании предложенной структурной схемы, а также изображение интерфейса программного обеспечения для управления работой автоматизированной кюветы.

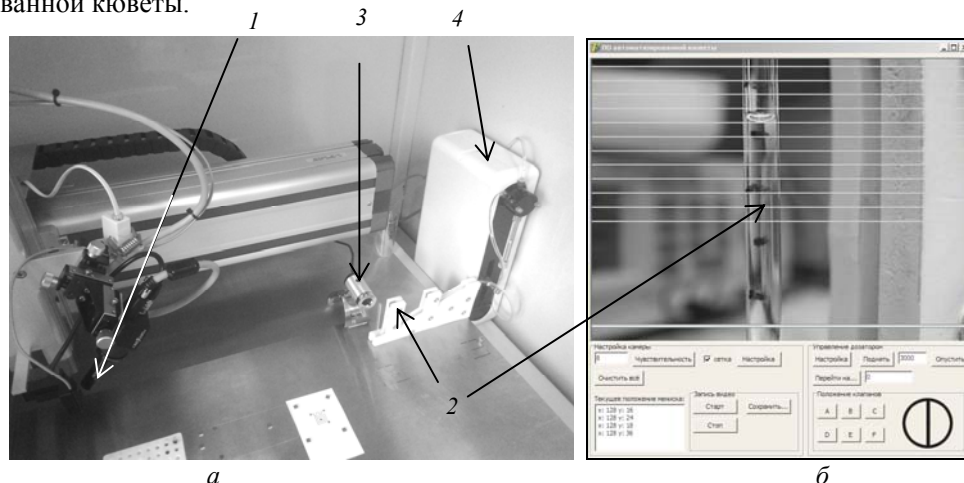


Рис. 5. Результаты макетирования: *а* – Gix Microplotter II, оснащенный экспериментальным макетом автоматизированной кюветы;

б – интерфейс программного обеспечения автоматизированной кюветы

На рис. 5 показаны: 1 – печатающая головка; 2 – капилляр кюветы, 3 – видеокамера, 4 – шприцевой дозатор. Разработанный макет автоматизированной кюветы обладает следующими параметрами:

- полезный объем – 100 мкл;
- шаг системы дозирования – 25 нл;
- внутренний диаметр стеклянного капилляра – 1 мм;
- минимальное линейное перемещение уровня жидкости – 20 мкм.

Заключение. В настоящей работе предложены способ и устройство, позволяющие уменьшить интенсивность испарения чернил при эксплуатации плоттерной системы печати. Разумеется, предложенный подход не исключает применения иных механизмов уменьшения интенсивности испарения, таких как изменение химического состава растворителей; использование температурных механизмов управления параметрами жидкостей. Эти меры могут рассматриваться как дополнительные, что позволит обеспечить еще большую стабильность параметров растворов.

В результате проведенной работы изготовлен макет автоматизированной кюветы, который в настоящее время используется в составе плоттерной системы печати. В планах дальнейших работ по данному направлению – решение задачи термостатирования чернил с целью управления параметрами вязкости и поверхностного натяжения, а также более тесная интеграция разрабатываемой системы

с программным обеспечением Gix Microplotter II для достижения полной автоматизации процесса печати.

Литература

1. Perelaer J. et al. Printed electronics: the challenges involved in printing devices, interconnects, and contacts based on inorganic materials // Journal of Materials Chemistry. 2010. Т. 20. №. 39. Р. 8446–8453.
2. Gamota D. (ed.). Printed organic and molecular electronics. USA: Springer, 2004. 695 p.
3. Kantola V. et al. Printed electronics, now and future // Bit bang-rays to the future. 2009. Р. 63–105.
4. Fujifilm Industrial Inkjet Printheads [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.fujifilmusa.com/products/industrial_inkjet_printheads, свободный (дата обращения: 19.05.2014).
5. VersaDrop technology [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.fujifilmusa.com/products/industrial_inkjet_printheads/technology/versadrop/index.html, свободный (дата обращения: 09.06.2014).
6. CeraDrop CeraPrinters X, L, F – series [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ceradrop.fr/en/products/ceraprinters>, свободный (дата обращения: 09.06.2014).
7. Roth & Rau B.V. PIXDRO inkjet printers [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.roth-rau.nl/products/>, свободный (дата обращения: 09.06.2014).
8. GIX Microplotter II [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sonoplot.com/products/gix-microplotter-ii>, свободный (дата обращения: 09.06.14).
9. Мартенс Л.К. Техническая энциклопедия: в 26 т. 1929. Т. 9. С. 360–366.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 9

БИОМЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Председатель секции – *Мещеряков Р.В.*, д.т.н., профессор,
зам. начальника научного управления

<i>Е.В. Бугров, К.С. Бразовский, М.Н. Романовский</i> К ВЛИЯНИЮ МОДУЛИРОВАННЫХ ИМПУЛЬСОВ СВЕТА НА АЛЬФА- АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА	4
<i>М.В. Горбунов, И.А. Лысенко, Л.А. Патрашану, Р.В. Мещеряков</i> РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО АУДИОМЕТРА	7
<i>Л.Н. Балацкая, С.С. Харченко</i> БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ В ПРОЦЕССЕ ГОЛОСОВОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ ГОРТАНИ	10
<i>Я.Н. Подскарбий, А.С. Семенов, Н.М. Федотов</i> ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КАТЕТЕР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРДЕЧНЫХ АРИТМИЙ	12
<i>А.С. Старчак, К.В. Оверчук, А.А. Порхунов, А.А. Уваров, И.А. Лежнина</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ	15
<i>С.Д. Тиунов</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОЛОСООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПАТОЛОГИИ	19

Секция 10

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Председатель секции – *Кориков А.М.*, д.т.н., профессор, зав. каф. АСУ

<i>М.О. Абрамовов, М.Ю. Катаев</i> ВЛИЯНИЕ ФОНА НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФИГУРЫ ДВИЖУЩЕГОСЯ ЧЕЛОВЕКА НА ИЗОБРАЖЕНИИ	24
<i>М.О. Абрамов, М.Ю. Катаев</i> АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ЦЕНТРА МАСС ФИГУРЫ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ ДВИЖЕНИЯ	27
<i>М.М. Антонов</i> НАСТРОЙКА КОНСЕКВЕНТОВ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПОМОЩИ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ РОЕМ СВЕТЛЯЧКОВ	29
<i>И.В. Ботнаренко, Я.К. Кротов, И.С. Куренков, Д.С. Терентьев</i> СИСТЕМА НАКОПЛЕНИЯ ЗНАНИЙ (ЭЛЕКТРОННЫЙ ДЕКАНАТ)	31
<i>А.В. Котов, Д.С. Пнев, Д.А. Смагилов, Е.С. Шандаров</i> РАЗРАБОТКА РОБОТА ТЕЛЕПРИСУТСТВИЯ «ФОТОН»	34
<i>А.С. Крупский, М.Ю. Катаев</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДЕРЖКИ ТРАФИКА В ОДНОРОДНОЙ ВОСЬМИСВЯЗНОЙ СЕТИ	37
<i>К.Л. Захаров, М. А. Зайцев, И.В. Складов</i> ПРИМЕР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ГИС ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ	40

И.В. Колотаев, А.Ф. Купрейчик, О.Н. Минин, В.С. Зуев, Н.В. Зариковская РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ОБРАБОТКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ КОМПОНЕНТ ТЕНЗОРА ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДИСТОРСИИ ПО ОБРАЗЦУ	44
--	----

Секция 11

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ

Председатель секции – Черкашин М.В., к.т.н., доцент каф. КСУП, декан ФВС

А.Е. Горяинов, И.М. Добуш, А.С. Сальников, Т.А. Ахметов ПРОГРАММА АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ СВЧ-ИЗМЕРЕНИЙ DATAVIEWER	49
А.А. Кокотов, Ф.И. Шеерман, П. Колантонио, Л.И. Бабак РАЗРАБОТКА ДВУХПОЛОСНОГО СВЧ-УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ GAN НЕМТ-ТРАНЗИСТОРА	53

Секция 12

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель секции – Шелупанов А.А., д.т.н., профессор,
проректор по научной работе, директор ИСИБ*

И.В. Ботнаренко, Е.Ю. Костюченко РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗА РУКОПИСНОЙ ПОДПИСИ	57
С.А. Черепанов, И.В. Черноусов, М.М. Антонов, П.Е. Густокашин АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММ	61
Б.И. Ефимов АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ УГРОЗ В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ЭКСПЕРТОВ	65
А.В. Котенко ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИКТОРА В РАМКАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ГОЛОСА	70
Я.К. Кротов МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ БАНКОВСКОЙ СФЕРЫ	75
П.С. Ложников, А.Е. Сажуга СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ ДОКУМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ПОДПИСИ	79
А.В. Мальцев, П.В. Жигулин, Д.Э. Подворчан, М.А. Мельников, Е.Ю. Костюченко ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ПРИЗНАКОВ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПО ДИНАМИКЕ ПРОСТАНОВКИ ПОДПИСИ	83
А.В. Моргунов МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ	86

Д.Р. Нурдаuletova ОБЗОР МЕТОДИК ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	88
М.В. Щерба, Е.В. Щерба ПОДХОДЫ К ОБНАРУЖЕНИЮ И БЛОКИРОВАНИЮ ТРАФИКА АНОНИМНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕТИ TOR	93
Ю.В. Шабля, Д.В. Кручинин ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛА ПРОИЗВОДЯЩЕЙ ФУНКЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КРИТЕРИЕВ ПРОСТОТЫ ЧИСЛА	97
Д.С. Терентьев ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ БЛИЗОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ	100

Секция 13

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ И ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

Председатель секции – Ехлаков Ю.П., д.т.н., профессор, зав. каф. АОИ

О.Н. Богомолова ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС В ГЕОМАРКЕТИНГЕ	105
А.М. Данченко, В.С. Тараканов, В.В. Штерн ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГРАММЫ ПО ПОИСКУ ЭВАКУАЦИОННЫХ ПУТЕЙ В РАЗРАБОТКЕ ПЛАНА ЭВАКУАЦИИ	108
А.С. Ефремов РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ WGS3	110
Е.А. Гольцова, М.С. Герасимова, А.В. Волос, М.Г. Крашенинников ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ	113
И.З. Краснов РАЗГРАНИЧЕНИЕ ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ ОРГАНИЗАЦИИ	116
П.Ю. Найданов, А.А. Урасова, А.В. Фоменко КРОССПЛАТФОРМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	121
А.И. Назарова АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ WGS3 ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ЕЕ ВНЕДРЕНИЯ В ОТРАСЛЬ ГЕОДЕЗИИ	123
С.Ю. Дорофеев, С.Е. Кошевой, И.А. Новосельцев, Е.В. Воднев ЭФФЕКТИВНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА	126
В.С. Тараканов, А.М. Данченко, Ю.Б. Гриценко РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ БЛОКИРОВКИ ПУТЕЙ ЭВАКУАЦИИ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ CUDA	130

Секция 14

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ

Председатель секции – Дмитриев В.М., д.т.н., профессор, зав. каф. МиСА

А.С. Бугаев ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ НА ARDUINO ДЛЯ ЦЕНТРА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА СТУДЕНТОВ	133
Т.В. Ганджа УНИВЕРСАЛЬНОЕ ЗВЕНО САУ С ДИСКРЕТНОЙ НАСТРОЙКОЙ НА ЗАДАННЫЙ ТИП	136
В.В. Ганджа HARDWARE-IN-THE-LOOP SIMULATION (АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)	141
Р.В. Коновалов СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА	144
С.А. Панов, В.В. Ганджа, С.К. Важенин ВНЕДРЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ В РАМКАХ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРОВ МОЛОДЕЖНОГО ИННОВАЦИОННОГО ТВОРЧЕСТВА	147
А.В. Шутенков, Т.В. Ганджа ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МЕТОДА НАЛОЖЕНИЯ УЧЕБНО-ИЛЛЮСТРАТИВНЫМ МОДУЛЕМ В ИНТЕРАКТИВНОМ УЧЕБНИКЕ	150
А.В. Сторчак, Е.В. Истигечева АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ВОЛН ЭЛЛИОТТА В КУРСЕ «СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ»	154
О.С. Затик, Т.В. Ганджа, С.А. Панов ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	157

Секция 15

ИННОВАЦИИ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОНИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

*Председатель секции – Осипов Ю.М., д.э.н., д.т.н., профессор,
зав. отделением каф. ЮНЕСКО*

Ю.М. Осипов, О.Ю. Осипов ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ ДВИЖЕНИЯ	163
Д.В. Сухушин, М.Г. Шепеленко, П.Ю. Иващутенко, С.В. Пакалка, О.Ю. Осипов ДВУХКООРДИНАТНОЕ СОЧЛЕНЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ	168
М.Г. Шепеленко, Н.Ю. Изоткина ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА СОГЛАСОВАНИЯ ПОЗАКАЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ	171

В.В. Шуваев, С.В. Пакалка АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОГЛАСОВАНИЕ МАГНИТОПРОВОДОВ ИНДУКТОРОВ И РОТОРА С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ЭЛЕКТРОМАШИННОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ	174
--	-----

Секция 16

ОПТОЭЛЕКТРОНИКА И ФОТОНИКА

Председатель секции – Задорин А.С., д.ф.-м.н., профессор, зав. каф. РЗИ

А. Галиев, А.А. Лукина, А.С. Задорин МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В СРЕДЕ SIMULINK	178
А.А. Лукина, А.С. Задорин ВОЗМОЖНОСТИ МИКРОМИНИАТЮРИЗАЦИИ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАТОРА СВЧ-ДИАПАЗОНА	182
А.Ю. Попик, Е.Л. Гамаюнов ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА ОТ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ	186
А.В. Лирник ПОСТРОЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОГО ОДНОЧАСТОТНОГО СИНТЕЗАТОРА С НИЗКИМ УРОВНЕМ ФАЗОВЫХ ШУМОВ	190

Секция 17

ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Председатель секции – Пустынский И.Н., д.т.н., профессор, зав. каф. ТУ

Ег.В. Лежнин ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ	196
Е.П. Беликова МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛИКА НЕЛИНЕЙНОЙ ЦЕПИ НА ПОЛИГАРМОНИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ	198
Р.Р. Газизов ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТОКОВ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ	200
Ев.В. Лежнин УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ СРЕДЫ СИСТЕМЫ TALGAT	202

Секция 18

ОРГАНИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Председатель секции – Туев В.И., д.т.н., профессор, зав. каф. РЭТЭМ

С.А. Артищев, А.А. Бомбизов, А.Е. Здрок, А.Г. Лоцилов ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЕВ ИЗДЕЛИЙ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	205
А.Г. Лоцилов, М.А. Лазько, А.А. Бомбизов, С.П. Караульных, И.М. Макаров ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОДИОДНЫХ МАТРИЦ	209
А.Е. Здрок, А.Г. Лоцилов, С.А. Артищев ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДОЗАТОРА ПЛОТТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПЕЧАТИ	214
А.М. Аллануров, А.Е. Здрок, А.Г. Лоцилов, Н.Д. Малютин ПРОБЛЕМА ИСПАРЕНИЯ ЧЕРНИЛ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛОТТЕРНЫХ СИСТЕМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПЕЧАТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	218

Научное издание

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА
И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

**X Международная
научно-практическая конференция**

12–14 октября 2014 г.

Материалы докладов

В двух частях
Часть 2

Корректор – В.Г. Лихачева
Верстка В.М. Бочкаревой

Издательство «В-Спектр»
Подписано к печати 30.10.2014.
Формат 60×84¹/₁₆. Печать трафаретная.
Печ. л. 14,3. Усл. печ. 13,3.
Тираж 250 экз. Заказ 54.

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