Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

# НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2010

**Материалы докладов
Всероссийской научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2010»**

**4–7 мая 2010 г.**

**В пяти частях**

Часть 4

В-Спектр
Томск 2010

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**УДК 621.37/.39+681.518 (063)**
**ББК 32.84я431+32.988я431**
**Н 34**

Н 34 **Научная сессия ТУСУР–2010:** Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 4–7 мая 2010 г. – Томск: В-Спектр, 2010. Ч. 4. – 346 с.

ISBN 978-5-91191-131-7
ISBN 978-5-91191-135-5 (Ч. 4)

Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых посвящены различным аспектам разработки, исследования и практического применения радиотехнических, телевизионных и телекоммуникационных систем и устройств, сетей электро- и радиосвязи, вопросам проектирования и технологии радиоэлектронных средств, аудиовизуальной техники, бытовой радиоэлектронной аппаратуры, а также автоматизированным системам управления и проектирования. Рассматриваются проблемы электроники СВЧ- и акустооптоэлектроники, нанофотоники, физической, плазменной, квантовой, промышленной электроники, радиотехники, информационно-измерительных приборов и устройств, распределенных информационных технологий, вычислительного интеллекта, автоматизации технологических процессов, в частности в системах управления и проектирования, информационной безопасности и защите информации. Представлены материалы по математическому моделированию в технике, экономике и менеджменте, антикризисному управлению, автоматизации управления в технике и образовании. Также представлены доклады, касающиеся социокультурных проблем современности, экологии, мониторинга окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

УДК 621.37/.39+681.518 (063)
ББК 32.84я431+32.988я431

**ISBN 978-5-91191-131-7**
**ISBN 978-5-91191-135-5 (Ч. 4)**

© Том. гос. ун-т систем управления
и радиоэлектроники, 2010



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Федеральное агентство по образованию
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

# Всероссийская научно-техническая конференция студентов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2010» 4–7 мая 2010 г.

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

- Кобзев А.В. – председатель, президент ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Шелупанов А.А. – сопредседатель, проректор по НР ТУСУР, зав. каф. КИБЭВС ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Шурыгин Ю.А., ректор ТУСУР, заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор;
- Ехлаков Ю.П., проректор по информатизации и управлению ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Уваров А.Ф., проректор по инновационному развитию и международной деятельности ТУСУР, к.э.н.;
- Малютин Н.Д., начальник НУ ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Казьмин Г.П., председатель комитета инновационной деятельности администрации г. Томска, представитель Фонда содействия развитию МФП в НТС по Томской обл., к.т.н.;
- Малюк А.А., декан фак-та информационной безопасности МИФИ, к.т.н., г. Москва;
- Беляев Б.А., зав. лабораторией электродинамики Ин-та физики СО РАН, д.т.н., г. Красноярск;
- Разинкин В.П., д.т.н., профессор, каф. ТОР НГТУ, г. Новосибирск;
- Лукин В.П., директор отд. распространения волн Ин-та оптики атмосферы СО РАН, почетный член Американского оптического общества, д.ф.-м.н., профессор, г. Томск;
- Кориков А.М. – зав. каф. АСУ ТУСУР, заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор;
- Пустынский И.Н., зав. каф. ТУ ТУСУР, заслуженный деятель науки и техники РФ, д.т.н., профессор;
- Акулиничев Ю.П., председатель совета по НИРС РТФ, профессор каф. РТС ТУСУР, д.т.н.;
- Орликов Л.Н., председатель совета по НИРС ФЭТ, профессор каф.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЭП ТУСУР, д.т.н.;
- Казакевич Л.И., председатель совета по НИРС ГФ, доцент каф. ИСР ТУСУР, к.ист.н.;
- Шарыгин Г.С., зав. каф. РТС ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Голиков А.М., доцент каф. РТС ТУСУР, к.т.н.;
- Еханин С.Г., председатель совета по НИРС РКФ, д.ф.-м.н., профессор каф. КУДР ТУСУР;
- Лощилов А.Г., м.н.с. СКБ «Смена» ТУСУР, к.т.н.;
- Катаев М.Ю., профессор каф. АСУ ТУСУР, д.т.н.;
- Шарангович С.Н., зав. каф. СВЧиКР ТУСУР, к.ф.-м.н., доцент;
- Троян П.Е., зав. каф. ФЭ ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Ходашинский И.А., профессор каф. АОИ, д.т.н.;
- Давыдова Е.М., зам. заф. каф. КИБЭВС по УР, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.;
- Коцубинский В.П., председатель совета по НИРС ФВС, зам. зав. каф. КСУП ТУСУР, доцент каф. КСУП, к.т.н.;
- Титов А.А., профессор каф. РЗИ ТУСУР, д.т.н.;
- Михальченко Г.Я., профессор каф. ПрЭ, д.т.н.;
- Мицель А.А., председатель совета по НИРС ФСУ, зам. зав. каф. АСУ ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Осипов Ю.М., зав. отделением каф. ЮНЕСКО ТУСУР, академик Международной академии информатизации, д.э.н., д.т.н., профессор;
- Семиглазов А.М., профессор каф. ТУ, д.т.н.;
- Карташов А.Г., проф. каф. РЭТЭМ, д.б.н., профессор;
- Суслова Т.И., декан ГФ, зав. каф. КС, д.ф.н., профессор;
- Грик Н.А., зав. каф. ИСР ТУСУР, д.ист.н., профессор;
- Дмитриев В.М., зав. каф. ТОЭ, д.т.н., профессор;
- Пуговкин А.В., зав. каф. ТОР, д.т.н., профессор.

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

- Шелупанов А.А. – сопредседатель, проректор по НР ТУСУР, зав. каф. КИБЭВС ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Ярымова И.А. – зам. председателя, заведующий ОППО ТУСУР, к.б.н.;
- Юрченкова Е.А. – секретарь оргкомитета, инженер ОППО ТУСУР, к.х.н.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

## СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

*Секция 1.* Радиотехнические системы и распространение радиоволн. Председатель секции – Шарыгин Герман Сергеевич, зав. каф. РТС, д.т.н., профессор; зам. председателя – Тисленко В.И., д.т.н., доцент каф. РТС.

*Секция 2.* Защищенные телекоммуникационные системы. Председатель секции – Голиков А.М., к.т.н., доцент каф. РТС.

*Секция 3.* Аудиовизуальная техника, бытовая радиоэлектронная аппаратура и сервис. Председатель секции – Пустынский Иван Николаевич, зав. каф. ТУ, д.т.н., профессор; зам. председателя – Костевич Анатолий Геннадьевич, к.т.н., доцент каф. ТУ.

*Секция 4.* Проектирование биомедицинской аппаратуры. Председатель подсекции – Еханин Сергей Георгиевич, д.ф.-м.н., профессор каф. КУДР.

*Секция 5.* Конструирование и технологии радиоэлектронных средств. Председатель секции – Лощилов Антон Геннадьевич, м.н.с. СКБ «Смена», к.т.н.; зам. председателя – Бомбизов Александр Александрович, ассистент каф. КУДР.

*Секция 6.* Интегрированные информационно-управляющие системы. Председатель секции – Катаев Михаил Юрьевич, д.т.н., профессор каф. АСУ; зам. председателя – Бойченко Иван Валентинович, к.т.н., доцент каф. АСУ.

*Секция 7.* Оптические информационные технологии, нанофотоника и оптоэлектроника. Председатель секции – Шарангович Сергей Николаевич, зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н., доцент; зам. председателя - Буримов Николай Иванович, к.т.н., доцент каф. ЭП.

*Секция 8.* Физическая и плазменная электроника. Председатель секции – Троян Павел Ефимович, зав. каф. ФЭ, д.т.н., проф.

*Секция 9.* Распределённые информационные технологии и системы. Председатель секции – Ехлаков Юрий Поликарпович, проректор по информатизации и управлению ТУСУР, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор; зам. председателя – Сенченко Павел Васильевич, к.т.н., доцент каф. АОИ.

*Секция 10.* Вычислительный интеллект. Председатель секции – Ходашинский Илья Александрович, д.т.н., профессор каф. АОИ; зам. председателя – Лавыгина Анна Владимировна, ст. преподаватель каф. АОИ.

*Секция 11.* Автоматизация технологических процессов. Председатель секции – Давыдова Елена Михайловна, к.т.н., доцент, зам. зав. каф. КИБЭВС по УР; зам. председателя – Зыков Дмитрий Дмитриевич, к.т.н., доцент каф. КИБЭВС.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

*Секция 12.* Аппаратно-программные средства в системах управления и проектирования. Председатель секции - Шурыгин Юрий Алексеевич, ректор ТУСУР, зав. каф. КСУП, д.т.н., профессор; зам. председателя - Коцубинский Владислав Петрович, зам. зав. каф. КСУП, к.т.н., доцент.

*Подсекция 12.1.* Интеллектуальные системы проектирования технических устройств. Председатель подсекции – Черкашин Михаил Владимирович, декан ФВС, к.т.н., доцент каф. КСУП.

*Подсекция 12.2.* Адаптация математических моделей для имитации сложных технических систем. Председатель подсекции – Коцубинский Владислав Петрович, к.т.н., доцент, зам. зав. каф. КСУП.

*Подсекция 12.3.* Инструментальные средства поддержки сложного процесса. Председатель подсекции – Хабибулина Надежда Юрьевна, к.т.н., доцент каф. КСУП.

*Подсекция 12.4.* Методы стереоскопической визуализации. Председатель подсекции – Дорофеев Сергей Юрьевич, ассистент каф. КСУП.

*Секция 13.* Радиотехника. Председатель секции – Титов Александр Анатольевич, д.т.н., профессор каф. РЗИ; зам. председателя – Семенов Эдуард Валерьевич, к.т.н., доцент каф. РЗИ.

*Секция 14.* Методы и системы защиты информации. Информационная безопасность. Председатель секции – Шелупанов Александр Александрович, проректор по НР ТУСУР, зав. каф. КИБЭВС, д.т.н., профессор; зам. председателя – Мещеряков Роман Валерьевич, к.т.н., доцент, зам. зав. каф. КИБЭВС по НР.

*Секция 15.* Информационно-измерительные приборы и устройства. Председатель секции – Черепанов Олег Иванович, д.ф.-м.н., профессор каф. ЭСАУ; зам. председателя – Шидловский Виктор Станиславович, к.т.н., доцент каф. ЭСАУ.

*Секция 16.* Промышленная электроника. Председатель секции – Михальченко Геннадий Яковлевич, д.т.н., профессор каф. ПрЭ; зам. председателя – Семенов Валерий Дмитриевич, зам. зав. каф. ПрЭ по НР, к.т.н., доцент.

*Секция 17.* Математическое моделирование в технике, экономике и менеджменте. Председатель секции – Мицель Артур Александрович, д.т.н., профессор каф. АСУ; зам. председателя – Зариковская Наталья Вячеславовна, к.ф.-м.н., доцент каф. ФЭ.

*Подсекция 17.1.* Моделирование в естественных и технических науках. Председатель подсекции – Зариковская Наталья Вячеславовна, к.ф.-м.н., доцент каф. ФЭ.

*Подсекция 17.2.* Моделирование, имитация и оптимизация в экономике. Председатель подсекции – Мицель Артур Александрович,



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

д.т.н., профессор каф. АСУ; зам. председателя – Ефремова Елена Александровна, к.т.н., доцент каф. АСУ.

*Секция 18.* Экономика и управление. Председатель секции – Осипов Юрий Мирзоевич, зав. каф. ЮНЕСКО, д.э.н., д.т.н., профессор; зам. председателя – Васильковская Наталия Борисовна, к.э.н., доцент каф. экономики.

*Секция 19.* Антикризисное управление. Председатель секции – Семиглазов Анатолий Михайлович, д.т.н., профессор каф. ТУ; зам. председателя – Бут Олеся Анатольевна, ассистент каф. ТУ.

*Секция 20.* Экология и мониторинг окружающей среды. Председатель секции – Карташев Александр Георгиевич, д.б.н., профессор каф. РЭТЭМ; зам. председателя – Смолина Татьяна Владимировна, к.б.н., ст. пр. каф. РЭТЭМ.

*Секция 21.* Социокультурные проблемы современности. Председатель секции – Суслова Татьяна Ивановна, декан ГФ., зав. каф. КС, д.ф.н., профессор; зам. председателя – Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, д.ист.н., профессор.

*Подсекция 21.1.* Актуальные проблемы социальной работы в современном обществе. Председатель подсекции – Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, д.ист.н., профессор; зам. председателя – Казакевич Людмила Ивановна, к.ист.н., доцент каф. ИСР.

*Подсекция 21.2.* Философские проблемы инженерно-технического знания. Председатель подсекции – Московченко Александр Дмитриевич, зав. каф. философии, д.ф.н., профессор; зам. председателя – Раитина Маргарита Юрьевна, к.ф.н., доцент каф. философии.

*Подсекция 21.3.* Социально-философские проблемы современности. Председатель подсекции – Суслова Татьяна Ивановна, декан ГФ., зав. каф. КС, д.ф.н., профессор; зам. председателя – Захарова Лилия Леонидовна, доцент каф. КС, к.ф.н.

*Секция 22.* Инновационные проекты, студенческие идеи и проекты. Председатель секции – Уваров Александр Фавстович, проректор по инновационному развитию и международной деятельности, к.э.н.; зам. председателя – Чекчеева Наталья Валерьевна, зам. директора Студенческого бизнес-инкубатора (СБИ), к.э.н.

*Секция 23.* Автоматизация управления в технике и образовании. Председатель секции – Дмитриев Вячеслав Михайлович, зав. каф. ТОЭ, д.т.н., профессор; зам. председателя – Андреев Михаил Иванович, к.т.н., доцент ВКИЭМ.

*Секция 24.* Проектная деятельность школьников в сфере информационно-коммуникационных технологий. Председатель секции – Татьяна Борисовна Корнеева, заместитель директора по методической работе ОЦ «Школьный университет»; зам. председателя –



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Нехорошева Юлия Геннадьевна, начальник учебно-методического отдела ОЦ «Школьный университет».

*Секция 25.* Системы и сети электро- и радиосвязи. Председатель секции – Пуговкин Алексей Викторович, зав. каф. ТОР, д.т.н., профессор; зам. председателя – Демидов Анатолий Яковлевич, к.т.н., доцент каф. ТОР.

*Секция 26.* Проектирование и эксплуатация радиоэлектронных средств. Председатель секции – Шостик Аркадий Степанович, д.т.н., профессор каф. КИПР; зам. председателя – Озёркин Денис Витальевич, декан РКФ, к.т.н., доцент каф. КИПР.

**Адрес оргкомитета:**

**634050, Россия, г. Томск,**
**пр. Ленина, 40, ГОУ ВПО «ТУСУР»,**
**Научное управление (НУ), к. 205**
**Тел.: 8-(3822)-701-524, 701-582**
**E-mail: nstusur@main.tusur.ru**

***Материалы научных докладов,***

***предоставленные на конференцию, опубликованы в сборнике***

**«НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР – 2010»**

***в пяти частях***

1-я часть сборника включает доклады 1–7 секций;

2-я часть – доклады 8, 9, 10, 12-й секций;

3-я часть – доклады 11, 14-й секций;

4-я часть – доклады 13, 15, 16 и 20-й секций;

5-я часть – доклады 17–19, 21–26-й секций.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

*СЕКЦИЯ 13*

## РАДИОТЕХНИКА

*Председатель – **Титов А.А.**, д.т.н., профессор каф. РЗИ;*
*зам. председателя – **Семенов Э.В.**, к.т.н., доцент каф. РЗИ*

### СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ AD-HOC-СЕТЕЙ

***С.Н. Бендак, студент; Д.Н. Ушарова, техник;***
***А.А. Пшенников, аспирант***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, udn@sibmail.com*

Объектом исследования являются системы моделирования, позволяющие моделировать сетевые и транспортные протоколы мобильных ad-hoc-сетей. В сетях Ad Hoc (англ. MANET – Mobile Ad hoc Networks) узлы являются мобильными и могут связываться между собой динамически произвольным образом.

Программные системы имитационного моделирования сетей связи пакетной передачи данных (сетевые симуляторы) относятся к классу DES (Discret Event Simulator) – дискретных симуляторов, отрабатывающих наступление событий в моменты времени, происходящие периодически с заданным дискретом времени. Организованы они как диспетчер событий, который обрабатывает список глобальных событий, составленный планировщиком событий. Событиями в основном являются формирование, отправка, получение и разбор пакетов или кадров узлами сети. Узлы сети имитируют работу реальных устройств связи, т.е. каждый узел отрабатывает все заданные уровни ЭМВОС. Для сетей радиосвязи присутствуют модель радиоканала, учитывающая распространение радиоволн используемого частотного диапазона, а также модели, описывающие пространство. Совокупность вышеперечисленных свойств симулятора определяет адекватность проводимых на нем экспериментов. Программная архитектура симулятора определяет способ подключения и модификации компонент, таких как протоколы уровней ЭМВОС, стандарты систем связи.

Произведя обзор существующих симуляторов сетей связи, мы выделили два: NS-2 и QualNet Developer.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

NS-2 (Network Simulator-2) является объектно-ориентированным программным продуктом, ядро которого реализовано на языке C++, а сценарии реализуются пользователем на интерпретируемом языке OTcl (Object oriented Tool Command Language). NS-2 разрабатывался в рамках проекта NS2/VINT (Virtual InterNetwork Testbed) с 1996 г. как программный продукт для имитационного моделирования сетей связи, работающий под управлением UNIX-подобных операционных систем, это открытый проект. В качестве основы программной реализации был выбран разрабатываемый в University of California с 1989 г. пакет network simulator. NS-2 распространяется с открытым исходным кодом, без каких-либо ограничений на право использования, модификации и распространения третьими лицами, функционирует на различных типах операционной системы Linux. Это привело к широкому распространению симулятора. Реализация протоков содержится в ядре NS-2, поэтому для того, чтобы добавить новый или модифицировать присутствующий протокол, необходимо владеть знаниями об обширной иерархии классов всего симулятора. После внесения изменений необходимо перекомпилировать всю программу.

Таким образом, протоколы и модули для NS-2 распространяются в виде пакета обновлений для конкретной версии симулятора. Внесенные изменения плохо документированы. ОС Linux непрерывно улучшаются, поэтому происходят частые изменения в компиляторах и интерпретаторах, зависимостях для прикладных программ, это затрагивает и NS-2 – новые версии симулятора не поддерживают пакеты обновлений для старых версий, еще появляется привязка к конкретной версии ядра Linux. Поэтому задача сбора всех необходимых для моделирования протоколов в одну версию симулятора оказывается крайне затруднительной. NS-2 обрабатывает события последовательно и не имеет средств распараллеливания вычислений, что делает его не пригодным для обработки трафика и симулирования в режиме реального времени. Программный интерфейс, реализующий взаимодействие протоколов соседних уровней ЭМВОС, не позволяет создавать кроссуровневые протоколы, оптимизировать стек протоколов. После выполнения сценария симулятор выдает только трассировочный файл, отсутствие встроенных средства для обработки результатов моделирования многократно увеличивает время на анализ экспериментов.

QualNet Developer– это кроссплатформенная система моделирования с параллельной обработкой событий. Она предоставляет среду для проектирования сетевых протоколов, создания и визуализации сетевых сценариев при определенных пользователем условиях и анализа их производительности. Это коммерческий продукт компании Scalable Network Technologies. Он произошел из открытого симулятора



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

GloMoSim и унаследовал его архитектуру: ядро написано на параллельном языке программирования Parsec, а программный интерфейс и протоколы уровней ЭМВОС написаны на языке C++. В QualNet, по сравнению с NS-2, количество реализованных протоколов значительно шире, они собраны в библиотеки и поставляются отдельно. Поскольку продукт коммерческий и разработка ведется одной компанией, то все существующие протоколы работают на симуляторе последней версии. Также стоит отметить наличие возможности реализовывать кросс-уровневые протоколы.

К достоинствам QualNet относятся: наличие как интерфейса командной строки, так и графического интерфейса для создания сценариев, полнота документации, обширность набора библиотек протоколов, возможность взаимодействовать с другими симуляторами через интерфейс HLA/DIS, возможность стыковки с реальным оборудованием, а при достаточности вычислительных ресурсов – возможность обрабатывать трафик в режиме реального времени. Достоверность получаемых с помощью симулятора данных доказана компанией SNT в статье [1], в ней описано выполнение сценария, длящегося несколько часов с использованием различных протоколов маршрутизации и движущихся станций стандарта IEEE 802.11b, как в симуляторе QualNet, так и на реальном оборудовании, установленном в движущихся автомобилях. Сравнение результатов показывает высокую точность симулятора.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Julian Hsu, Sameer Bhatia, Ken Tang, Rajive Bagrodia. Performance of mobile ad hoc networking routing protocols in large scale scenarios // Scalable Network Technologies, Inc., US ARMY RDECOM CERDEC STCD.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ БЫСТРОГО УМНОЖЕНИЯ ДЛИННЫХ ЧИСЕЛ В СРЕДЕ «MS VISUAL C++ 9.0»

***С.О. Чечулин, Т.А. Самсонова, К.В. Григорьева, студенты;***
***Р.В. Литвинов, преп., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, cjey@sibmail.com*

Важным понятием в криптографии является понятие «длинного числа», в котором число разрядов может достигать нескольких сотен и даже тысяч. Арифметические операции с такими числами требуют создания специального программного обеспечения [1], в том числе реализации быстрых алгоритмов умножения. Большая разрядность



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

таких чисел, диктуемая требованиями надежности и безопасности, приводит к тому, что операции с ними на основе классических алгоритмов требуют больших временных затрат даже на современных компьютерах. Значительный выигрыш по времени позволяет получить так называемые «быстрые алгоритмы», рассмотренные ниже.

Напомним, что классический метод умножения, известный с момента создания десятичной системы исчисления, предполагает умножение чисел «столбиком». Каждый разряд второго множителя умножается на первое число и затем производится сложение произведений с учетом сдвига разрядов, зависящего от положения разряда во втором множителе [2].

**Алгоритм Карацубы** – это специальная последовательность действий для умножения больших чисел, которая была предложена Анатолием Алексеевичем Карацубой [2]. Он сводит сложность вычислений почти до $3n^{\log_2 3} \approx 3n^{1,585}$ элементарных операций. Таким образом, он быстрее классического алгоритма, который требует $n^2$ элементарных операций. Более быстрым обобщением алгоритма Карацубы является **алгоритм Тоома–Кука** (The Toom-Cook algorithm) [2].

В основу алгоритма Карацубы положены математические формулы, позволяющие вычислять произведение двух больших чисел $X$ и $Y$, используя три операции умножения меньших чисел, каждое из которых содержит примерно половину разрядов чисел $X$ и $Y$, а также при помощи дополнительных сдвигов цифр. Пусть $X$ и $Y$ представляют собой $n$-значные числа в некотором основании $B$. Для любого положительного целого числа $m$ меньше $n$ каждое число может быть представлено в виде

$$X = X_1 \cdot B^m + X_0 \ , Y = Y_1 \cdot B^m + Y_0 ,$$

где $X_0$ и $Y_0$ меньше, чем $B^m$, тогда произведение выглядит следующим образом:

$$X \cdot Y = (X_1 \cdot B^m + X_0) \cdot (Y_1 \cdot B^m + Y_0) = Z_2 \cdot B^{2m} + Z_1 \cdot B^m + Z_0 ,$$

где $Z_2 = X_1 \cdot Y_1$, $Z_1 = X_1 \cdot Y_0 + X_0 \cdot Y_1$, $Z_0 = X_0 \cdot Y_0$. Эти формулы требуют 4 операции умножения. Но можно вычислить произведение $X \cdot Y$ в три операции, с помощью дополнительных преобразований. Действительно, пусть $Z_2 = X_1 \cdot Y_1$, $Z_0 = X_0 \cdot Y_0$, $Z_1 = (X_1 + X_0) \cdot (Y_1 + Y_0) - Z_2 - Z_0$. Таким образом,

$$Z_1 = (X_1 \cdot Y_1 + X_1 \cdot Y_0 + X_0 \cdot Y_1 + X_0 \cdot Y_0) - X_1 \cdot Y_1 - X_0 \cdot Y_0 = X_1 \cdot Y_0 + X_0 \cdot Y_1 .$$

Аналогично, для алгоритма Тоома–Кука-3 [4]:

$$X = X_2 \cdot B^{2m} + X_1 \cdot B^m + X_0 , \ Y = Y_2 \cdot B^{2m} + Y_1 \cdot B^m + Y_0 ,$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

тогда $X \cdot Y = (X_2 \cdot B^{2m} + X_1 \cdot B^m + X_0) \cdot (Y_2 \cdot B^{2m} + Y_1 \cdot B^m + Y_0) =$

$$= Z_4 \cdot B^{4m} + Z_3 \cdot B^{3m} + Z_2 \cdot B^{2m} + Z_1 \cdot B^m + Z_0 ,$$

где $Z_4 = X_2 \cdot Y_2 , Z_3 = X_1 \cdot Y_2 + X_2 \cdot Y_1 , Z_2 = X_0 \cdot Y_2 + X_1 \cdot Y_1 + X_2 \cdot Y_0 ,$

$$Z_1 = X_0 \cdot Y_1 + X_1 \cdot Y_0 , Z_0 = X_0 \cdot Y_0$$

Как и в алгоритме Карацубы, с помощью дополнительных преобразований число операций умножения можно уменьшить с 9 до 5.

Описанные выше алгоритмы были реализованы в программной среде MS Visual C++ 9.0. В программу посредством стандартных классов C++ был встроен таймер, фиксирующий время, затрачиваемое на умножение чисел. Время умножения числа и число разрядов являлись выходными параметрами программы. Входными данными программы являлись два «длинных» числа, значение каждого разряда которых заполнялось при помощи встроенного в язык C генератора случайных чисел. Программа запускалась не менее 10 раз на ПК со следующими параметрами: C2D 2.2GHz/2Gb DDRII RAM/Win7U x64. При каждом запуске программы время умножения оказывалось разным. Поэтому оно усреднялось по всем реализациям. Результаты работы программы представлены на рис. 1 и 2 в виде зависимостей времени умножения от числа разрядов. Методы на основе алгоритмов Карацубы и Тоома–Кука были аппроксимированы степенными функциями в программе Mathcad. Для алгоритма Карацубы:

$$N_{\text{Кц.пр}} = 1{,}27 \cdot 10^{-6} \cdot n^{1{,}635} .$$

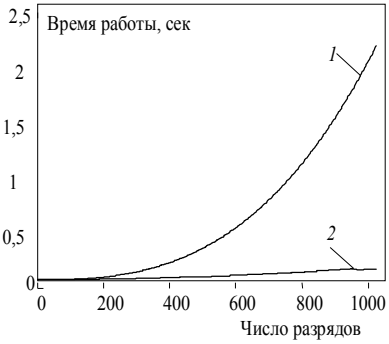



Рис. 1. Зависимость времени умножения числа от количества разрядов: *1* – метод умножения «столбиком», реализованный в программе; *2* – метод на основе алгоритма Карацубы, реализованный в программе

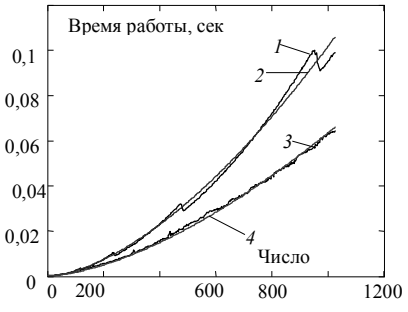



Рис. 2. Зависимость времени умножения числа от количества разрядов: *1* – метод Карацубы; *2* – аппроксимация метода Карацубы; *3* – метод Тоома–Кука-3; *4* – аппроксимация метода Тоома–Кука-3



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Для алгоритма Тоома–Кука-3:

$$N_{\text{Тк.пр}} = 1{,}11 \cdot 10^{-6} \cdot n^{1{,}586} .$$

Теоретическая сложность вычислений метода «столбиком» оценивается соотношением [3]

$$N_{cm} = c \cdot O(n^2) ,$$

где $n$ – разрядность числа; $c$ – некоторая константа. В свою очередь теоретическая сложность метода на основе алгоритма Карацубы оценивается как [2]

$$N_{\text{Кц}} = O(c \cdot n^{\log_2 3}) = c \cdot O(n^{1{,}58}) .$$

Для алгоритма Тоома–Кука-3 [4]: $N_{\text{Тк}} = O(c \cdot n^{\log_3 5}) = c \cdot O(n^{1{,}465})$ .

Разница между практическими и теоретическими результатами обусловлена наличием дополнительных операций сдвига и сложения над числами при практической реализации алгоритмов, которые не учитываются при теоретической оценке сложности.

Высокая вычислительная сложность метода умножения «столбиком» делает его малопригодным для реальных вычислений, в т.ч. в криптографических системах защиты информации. В свою очередь, методы на основе алгоритмов Карацубы–Офмана и Тоома–Кука-3 показывают высокую эффективность при умножении «длинных» чисел.

Таким образом, в работе в среде MS Visual C++ 9.0 реализованы алгоритмы умножения «длинных» чисел на основе методов «столбиком», Карацубы и Тоома–Кука-3. Показано, что вычислительная сложность реализованных программ умножения методом Карацубы–Офмана и Тоома–Кука-3 несколько выше теоретической оценки сложности этих алгоритмов. Однако, их большое преимущество над классическим методом умножения «столбиком» делает их полезными для использования в криптографических системах.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке из средств грантов ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (государственные контракты № П543 от 05.08.09, № П580 от 05.08.09, № П1917 от 29.10.09, № П2503 от 20.11.09).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Вельшенбах М. Криптография на C и C++ в действии. М.: Триумф, 2004. 454 с.

2. Василенко О.Н. Теоретико-числовые алгоритмы в криптографии. М.: МЦНМО, 2003. 258 с.

3. Коблиц Н., Зубков А.М. Курс теории чисел и криптографии / М.: ТВП, 2001. 10 с.

4. Кнут Д. Искусство программирования. Т. 2. Получисленные методы. 3-е изд. М.: Вильямс, 2007. 832 с.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОСТЕЙШИХ ОБРАЗОВ

***А.И. Кураленко, В.В. Гордеев, А.А. Матвеев, студенты 4-го курса;***
***В.Ю. Гущин, аспирант; Ю.В. Гриняев, науч. рук., д.ф.-м.н., проф.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, Gitchy@sibmail.com*

Нейронные сети (НС) – математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. НС широко применяются в задачах прогнозирования, для распознавания образов, в задачах управления и др. [1, 2].

В качестве образов могут выступать различные по своей природе объекты: символы текста, изображения, образцы звуков и т.д.

Рассматриваемая нами задача – распознавание сетью 26 символов латинского алфавита. Получаемые нейронной сетью символы для распознавания могут быть как идеальными, так и искаженными – иметь до 20% шумов [3].

Решение задачи реализовано с помощью функций и команд программного обеспечения Neural Network Toolbox, функционирующего под управлением ядра системы MATLAB.

В качестве входных обучающих данных используются следующие наборы данных:

1. Набор идеальных символов алфавита. Применяется при первоначальном обучении нейронной сети.

2. По 10 наборов из идеальных и зашумленных символов. Данные наборы используются для обучения сети распознаванию зашумленных символов. Набор идеальных символов в данном случае используется для того, чтобы сохранить способность сети классифицировать идеальные символы.

3. Набор идеальных символов алфавита. Применяются при завершающем обучении нейронной сети, чтобы гарантировать, что сеть будет работать правильно, когда на ее вход будет передан идеальный символ.

Для того чтобы получить нейронную сеть, которая сможет обрабатывать зашумленные векторы входа (соответствующие зашумленным символам), следует выполнить обучение сети как на идеальных, так и на зашумленных векторах. Сначала сеть обучается на наборе идеальных векторов до тех пор, пока не будет обеспечена минимальная сумма квадратов погрешностей [3]. В данном случае процесс обучения закончился за 219 шагов, т.к. была достигнута требуемая точность обучения, погрешность при которой равна 0,1.

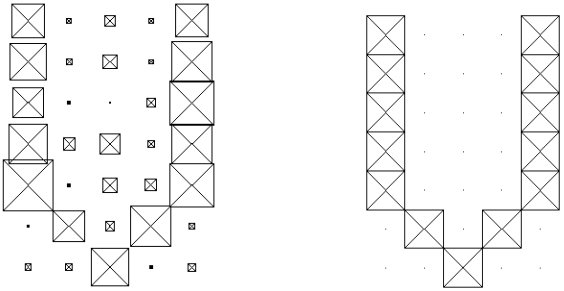


Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Затем сеть обучается на 10 наборах идеальных и зашумленных векторов. Набор идеальных векторов используется для того, чтобы сохранить способность сети классифицировать идеальные векторы входа.

После этого сеть снова обучается на наборе идеальных векторов. Это гарантирует, что сеть будет работать правильно, когда на ее вход будет передан идеальный вектор.

Проверка обученной сети на тестовом наборе зашумленных векторов подтверждает правильность работы (рис.).



Один из тестового набора зашумленных символов
и соответствующий ему распознанный сетью символ

Увеличить точность распознавания можно за счет увеличения количества нейронов в скрытом слое.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Рутковская Д., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячие линии – Телеком, 2006. 452 с.

2. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, принятие решений, управление. М.: Финансы и статистика, 2004. 179 с.

3. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его применение в экономике и бизнесе. М.: МИФИ, 1998. 224 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОСТЕЙШЕЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ

***А.И. Кураленко, В.В. Гордеев, А.А. Матвеев, студенты 4-го курса;***
***В.Ю. Гущин, аспирант; Ю.В. Гриняев, науч. рук., д.ф-м.н., проф.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, Gitchy@sibmail.com*

Нечёткая логика и теория нечётких множеств – раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В настоящее время существует, по крайней мере, два основных направления научных исследований в области нечеткой логики:

– нечеткая логика в широком смысле (теория приближенных вычислений);

– нечеткая логика в узком смысле (символическая нечеткая логика).

Теория приближенных вычислений. Основное понятие нечеткой логики в широком смысле – нечеткое множество, определяемое при помощи обобщенного понятия характеристической функции. Затем вводятся понятия объединения, пересечения и дополнения множеств (через характеристическую функцию; задать можно различными способами), понятие нечеткого отношения, а также одно из важнейших понятий – понятие лингвистической переменной. Вообще говоря, даже такой минимальный набор определений позволяет использовать нечеткую логику в некоторых приложениях, для большинства же необходимо задать ещё и правило вывода (и оператор импликации) [1].

С помощью нечеткой логики была реализована программа «Построение системы защиты».

При построении системы защиты формируются так называемые зоны последовательных рубежей защиты. При нарушении этих зон угрозы будут обнаружены. Эффективность таких систем защиты будет оцениваться как время, которое потребуется злоумышленнику для последовательного преодоления всех зон безопасности объекта. Границы зон не должны иметь незащищенных объектов.

| Название зоны | Что входит в зону |
|---|---|
| Зона 1 | Периметр территории |
| Зона 2 | Периметр здания |
| Зона 3 | Территория приема носителей |
| Зона 4 | Служебное помещение |
| Зона 5 | Особо важные помещения |
| Зона 6 | Сейфовые комнаты |

Степени защищенности каждой зоны ставится в соответствие оценка от 0 до 10. Получаем, таким образом, 6 лингвистических переменных, которые являются входными для данной программы, реализуемой в пакете FUZZY LOGIC в среде MATLAB. В данной программе используется алгоритм Mamdani [2].

Каждая переменная может иметь значение одного из трех термов (оценок зон безопасности), каждому из которых мы ставим в соответствие функцию принадлежности, т.е. нечеткое множество. Степень влияния защищенности каждой зоны на защищенность объекта в целом описывается посредством установки нечетких правил.

Каждой зоне безопасности присваивается степень важности, т.е. существуют приоритетные зоны, которые в большей степени влияют



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

на общую безопасность. Такой приоритет реализуется посредством установки нечетких правил. Данная программа на основе входных данных, т.е. тех оценок, которые соответствуют зонам системы безопасности, определяет в процентах степень защищенности объекта.

Программа, созданная с использованием алгоритмов нечеткой логики, позволяет, меняя оценку для каждой зоны защиты, получить степень защищенности объекта в процентах. А это немаловажно, особенно на режимных объектах, где система защиты состоит из нескольких последовательно расположенных рубежей. Данная программа является эффективной для простейших случаев. Для более серьезного объекта, необходимо написать более сложное, отражающее все малейшие детали приложение.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Рутковская Д., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячие линии – Телеком, 2006. 452 с.

2. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, принятие решений, управление. М.: Финансы и статистика, 2004. 179 с.

## РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

***А.В. Кашеутов, Н.С. Мясников, А.В. Томилов, студенты 3-го курса;***
***Б.И. Авдоченко, к.т.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, AvdochenkoBI@rzi.tusur.ru*

Вторичные источники питания являются обязательной составляющей любой радиоэлектронной аппаратуры. В данной статье представлено описание универсального источника питания радиоэлектронной аппаратуры, отличающегося малыми габаритами, высоким КПД, индикацией выходного напряжения и плавной регулировкой выходного напряжения от 5 до 15 В. Блок питания используется при разработках различных устройств, проводимых в рамках ГПО на кафедре РЗИ.

В качестве структурной схемы данного устройства, по рекомендациям литературы [1], был взят однотактный прямоходовой преобразователь. Первый вариант преобразователя был выполнен по типовой схеме включения с использованием микросхемы с высокой степенью интеграции TOP227 [2]. Применение этой микросхемы позволило уменьшить количество навесных элементов и существенно сократить размеры устройства.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Была разработана печатная плата, изготовлен импульсный трансформатор, проведена настройка блока питания и сняты его основные характеристики. Блок питания выдавал напряжение 15 В при токе 750 мА и мог быть перестроен на любое фиксированное выходное напряжение изменением напряжения делителя на входе управления стабилизатора.

Второй этап работы – усовершенствование данной схемы путем введения блока плавной регулировки выходного напряжения от 5 до 15 В, что позволяет использовать источник при разработке устройств с различными напряжениями питания. Для регулировки выходного напряжения используется управляемый делитель напряжения на входе управления стабилизатора.

Испытания собранной схемы подтвердили стабильность характеристик блока питания при изменении напряжения сети и потребляемого тока. Испытания проводились во всем диапазоне напряжений (5–15 В). Недостатком разработанного источника является нелинейная зависимость выходного напряжения от угла поворота регулировочного резистора. Для ликвидации этого недостатка необходимо заменить регулировочный резистор на резистор с экспоненциальной зависимостью сопротивления от угла поворота.

Следующие усовершенствования, введенные в схему источника питания, связаны с индикацией выходного напряжения для удобства работы с данным устройством. Были рассмотрены различные варианты индикаторов и выбрана цифровая измерительная панель РМ213. Исследования панели выявили неустойчивость показаний индикатора при использовании одного источника для питания панели и измерения напряжения. Потребовалось применение гальванически развязанного источника питания панели. Первое решение – применение дополнительной обмотки трансформатора с выпрямителем – оказалось неудачным из-за низкой точности измерений, т.к. при изменении выходного напряжения блока питания изменяется напряжение на дополнительной обмотке, питающей измерительную панель, и вследствие этого измерения становятся неточными.

Было принято решение, ввиду малого потребляемого тока, применить питание панели непосредственно от выпрямленного напряжения сети через резистор и стабилизатор, которые обеспечивают постоянное напряжение питания панели. Схема универсального источника представлена на рис. 1.

Напряжение сети питания через диодный мост и фильтр подается на первичную обмотку трансформатора. К второму концу сетевой обмотки подключен выход коммутатора TOP227. После запуска коммутатора напряжение со вторичной обмотки трансформатора через опто-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

пару поступает на вход управления микросхемой и сравнивается с опорным напряжением внутри микросхемы. По результатам сравнения этих напряжений производится включение или выключение коммутатора, за счет чего достигается стабилизация выходного напряжения при изменении нагрузки. Третья обмотка необходима для гальванической развязки оптопары.

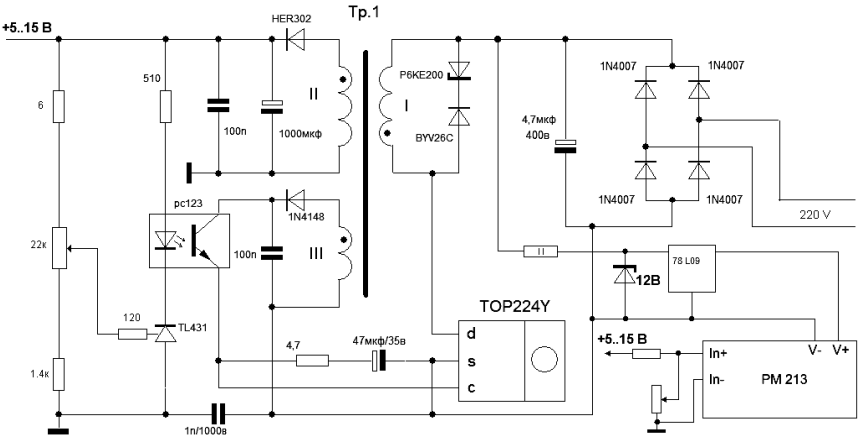



Рис. 1. Электрическая схема устройства

Питание дисплея осуществляется от выпрямленного сетевого напряжения через резистор и стабилизатор напряжения 78 L09.

После монтажа и настройки источника были осуществлены измерения характеристик устройства. При измерениях использовался переменный резистор с сопротивлением 47 Ом и максимальной мощностью 50 Вт

Основные характеристики разработанного источника питания:

− напряжение сети питания – 220 В ±10%,

− выходное регулируемое напряжение – 5–15 В,

− максимальный выходной ток при выходном напряжении15 В – 0,75 А,

− размеры 120×60×45 мм.

При превышении вышеуказанного значения выходного тока срабатывала тепловая защита микросхемы, для получения больших выходных токов необходимо увеличение размеров радиатора микросхемы и соответствующего размера корпуса.

Внешний вид универсального блока питания приведена на рис. 2.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Рис. 2. Внешний вид устройства

Разработанная плата блока питания может использоваться в качестве универсального сетевого источника питания различных радиоэлектронных устройств с потребляемой мощностью до 100 Вт.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Вересов Г.П. Электропитание бытовой радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 1983. 128 с.

2. TOP221-227 TOPSwitch [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.powerint.com/sites/default/files/product-docs/top221-227.pdf свободный.

## РАЗРАБОТКА ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА С ПОСТОЯННЫМ ВХОДНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

***Ж.Е. Каппасов, Е.С. Литвиненко, студенты 4-го курса;***
***А.П. Павлов, аспирант***
*г. Томск, ТУСУР, kappasovzhe@gmail.com*

В данной работе рассматриваются проектирование пассивного полосно-пропускающего фильтра (ППФ) с постоянным входным сопротивлением, а также моделирование его характеристик. Такой фильтр может найти применение в составе различных РЭС, где требуется обеспечить постоянное сопротивление нагрузки.

К фильтру предъявляются следующие требования: центральная частота $f_0$ = 62,5 МГц, полоса пропускания П = 5 МГц, реализация на дискретных элементах.

Общеизвестный ППФ (рис. 1, *а*) имеет входное сопротивление, которое зависит от частоты входного воздействия, поэтому не позволяет решить поставленную задачу. Чтобы входное сопротивление фильтра было постоянным, необходимо выполнить следующее условие [1]:

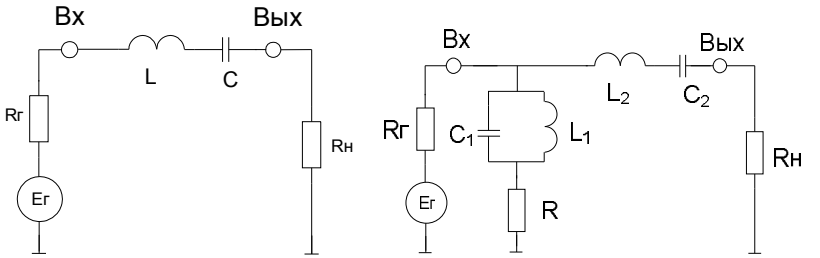
$$|K_{\text{ППФ}}(j\omega)|^2 + |K_{\text{ПЗФ}}(j\omega)|^2 = 1, \qquad (1)$$

где $K_{\text{ППФ}}(j\omega)$ и $K_{\text{ПЗФ}}(j\omega)$ – коэффициенты передач ППФ и полосно-заграждающего фильтра (ПЗФ). Из условия (1) следует, что фильтр с



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

постоянным входным сопротивлением (ФПС) строится на основе двух фильтров (ППФ и ПЗФ), входные сопротивления которых являются комплексно-сопряженными. Комплексно-сопряженный характер входных сопротивлений ППФ и ПЗФ приводит к тому, что частоты, лежащие в полосе пропускания ФПС, проходят через него, а частоты, лежащие в полосе задержания, поглощаются им [2].




*а* *б*

Рис. 1. Схема ППФ первого порядка: *а* – обычный, *б* – с постоянным входным сопротивлением

На рис. 1, *б* представлена схема ППФ первого порядка с постоянным входным сопротивлением. Элементы схемы $L_2C_2$ образуют ППФ, а $L_1C_1R$ – нагруженный ПЗФ. Номиналы элементов определяются по следующим формулам:

$$L_1 = R/\omega_0 Q, C_1 = Q/\omega_0 R, L_2 = QR/\omega_0, C_2 = 1/\omega_0 QR, \qquad (2)$$

где $Q = 12{,}5$* – добротность; $R = 50$ Ом – сопротивление нагрузки ($R = R_Н$); $\omega_0 = 2\pi \cdot 62{,}5$ МГц – центральная частота.

При создании фильтра учитывалась физическая реализуемость элементов. Номинальные значения элементов фильтра, рассчитанные по (2), сведены в таблицу. Частотные характеристики фильтра, промоделированные в среде Microwave Office, представлены на рис. 2.

**Номинальные значения элементов фильтра**

| Элемент | $L_1$ | $C_1$ | $L_2$ | $C_2$ | $R$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Значение, пФ/нГн/Ом | 10,186 | 636,62 | 1592 | 4,074 | 50 |

В результате проделанной работы разработан пассивный полосно-пропускающий фильтр с постоянным входным сопротивлением, удовлетворяющий заданным техническим требованиям. У полученного фильтра входное сопротивление не зависит от частоты входного воздействия (КСВ = 1).

* Определяется исходя из полосы пропускания фильтра.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

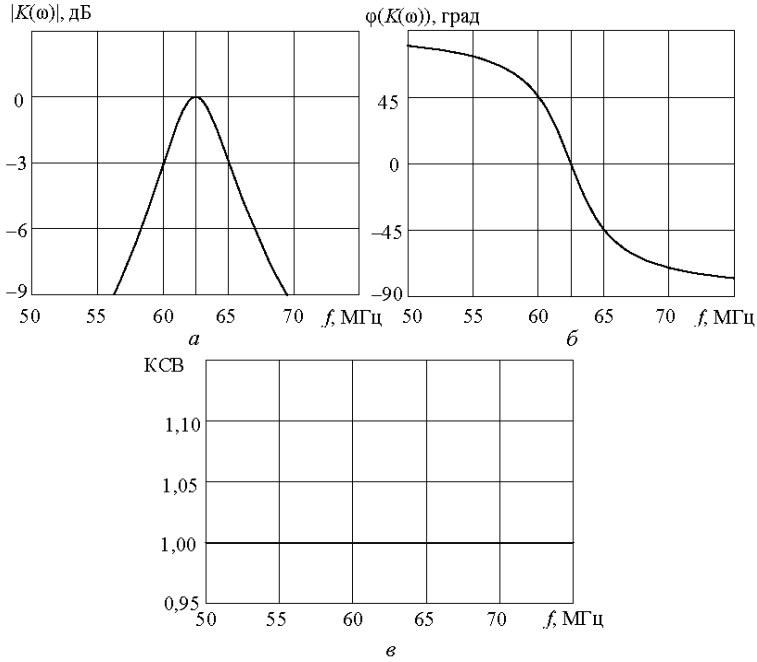



Рис. 2. Частотные характеристики фильтра:
*а* – модуль входного сопротивления, *б* – фазочастотная характеристика,
*в* – амплитудно-частотная характеристика

На следующем этапе работы планируется использование разработанного фильтра в экспериментальной установке для исследования характеристик нелинейных объектов нуль-спектральным методом [3].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Петров П.Н. Акустика. Электроакустические преобразователи: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУАП, 2003. 80 с.

2. http://www.patentstorm.us/patents/4612571/claims.html

3. Семёнов Э.В. Синтез сверхширокополосных тестовых сигналов для обнаружения нелинейного преобразования сигнала путем наблюдения за нулями его спектральной плотности мощности // Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике: Сб. докл. Всерос. науч. конф. Муром, 2003. С. 99–103.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНВЕРТОРОВ СКАЛЯРНОГО АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА СК4М-18*

***Н.М. Харитонов, студент 5-го курса***
*г. Томск, ТУСУР, каф. СРС, mcr@main.tusur.ru*

Применявшаяся до разработки автора схема и её реализация (рис. 1) имеют следующие недостатки:

– недостаточная развязка между поддиапазонами (должна составлять не менее 80 дБ);

– значительные габаритные размеры модулей, неудобное расположение их в приборе, громоздкая схема питания, помехи с других блоков, наводимые за счёт большого количества сигнальных разъёмов, а также разъёмов питания и управления;

– устаревшая элементная база, излишне сложная принципиальная схема, высокий уровень собственных шумов, высокое энергопотребление.

Ликвидация перечисленных недостатков явилась целью настоящей работы.

Модули К2 и К3 представляют собой конверторы частот, осуществляющие, соответственно, 2-е и 3-е частотные преобразования в радиоприёмном тракте приборов СК4М-18 (рис. 1).

Блок К2 расположен в тракте нижнего поддиапазона, обрабатывающем сигналы в полосе 10–3500 МГц, и производит перенос сигнала первой промежуточной частоты $f_{ПЧ1}$ = 4570 МГц с выхода конвертора К1 на частоту $f_{ПЧ2}$ = 1070 МГц.

Блок К3 автоматически переключается на приём сигналов либо с нижнего, либо с верхнего поддиапазона. Радиотракт верхнего поддиапазона переносит сигнал в полосе 3,5–18 ГГц на частоту 1070 МГц. Далее в блоке К3 сигнал конвертируется на 3-ю промежуточную частоту 70 МГц и поступает в блок цифровой обработки (плата ЦОСПЧ) [1].

Упрощённая функциональная схема блоков К2 и К3 представлена на рис. 1.

Для обеспечения необходимой развязки между поддиапазонами на частоте 1070 МГц было установлено два переключателя HMC349 вместо одного в схеме К3, а также установлен дополнительный переключатель гетеродина в схему К2, отключающий частотное преобразование в смесителе HMC557 синхронно с переключением К3 на прием верхнего поддиапазона [2].

* Выполнено в рамках проекта ГПО СРС-0802 – Разработка радиочастотного тракта приемопередающих модулей ВЧ и СВЧ.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

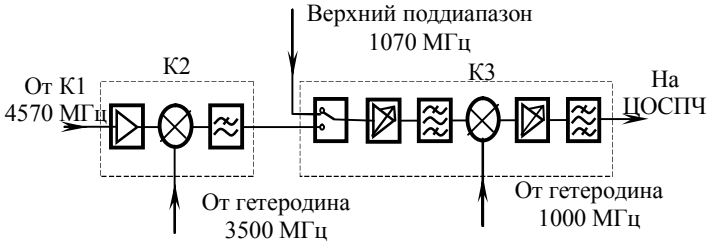


Рис. 1. Упрощённая функциональная схема блоков К2 и К3

При разработке первых поколений приборов инженеры стремились каждый функциональный блок реализовать в виде отдельного модуля, что облегчало настройку и ремонт плат. Это имело большую важность при использовании новой элементной базы и отсутствии опыта инженеров, а также позволяло унифицировать многие модули.

В настоящее время, когда основные схемные решения и элементная база проверены, а методика настройки и ремонта отлажена, появилась тенденция объединения блоков. Уменьшается количество жгутов, кабелей, разъёмов, массивных корпусов и элементов крепления. Такое решение в значительной степени упрощает устройство прибора, облегчает его сборку, позволяет уменьшить габаритные размеры и массу, улучшает эстетический вид, снижает себестоимость, повышает надёжность.

Кроме того, применение разъёмов в СВЧ-приборах приводит к увеличению помех. Например, широко применяемый в цепях управления разъем IDE-10 играет роль приёмной антенны, наводя помехи на частотах около 10 ГГц, а отверстия в корпусах, неизбежные при использовании разъёмов типа SMA, являются источниками сильных паразитных излучений в синтезаторах.

По вышеописанным причинам было решено объединить модули К2 и К3 в единый блок К2-3. Для удобства настройки в схеме предусмотрены разъёмы типа SRG. Упрощённая функциональная схема блока К2-3 представлена на рис. 2.

Большинство применяемых компонентов, используются в производстве приборов уже более 5 лет. За это время на рынке радиодеталей появилось множество новинок, отличающихся лучшими характеристиками, поэтому при разработке нового блока был проведён обзор современных компонентов. Изменение элементной базы коснулось, в основном, микросхем: усилителей, смесителей, переключателей и детекторов. В частности, вместо усилителя HMC326 установлена микросхема MMA709, которая при том же коэффициенте усиления имеет



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

меньший потребляемый ток, габаритные размеры и коэффициент шума [3]. Вместо детектора AD8318 выбран AD8319, отличающийся более простой схемой подключения и меньшей стоимостью [4].

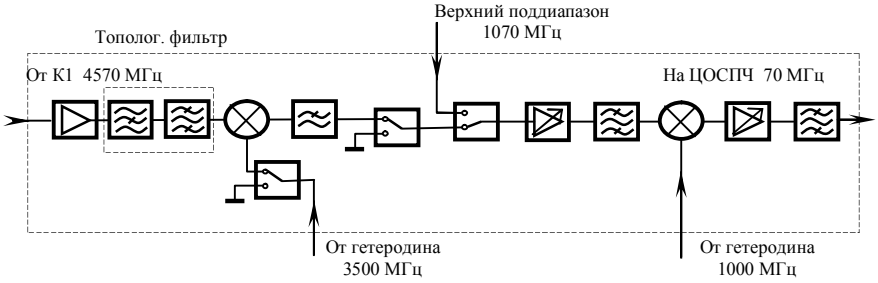



Рис. 2. Упрощённая функциональная схема нового блока К2-3

Сложный массивный полосовой LC-фильтр на 70 МГц предполагается заменить аналогичным ПАВ фильтром, что значительно упрощает схему и в итоге уменьшает стоимость платы.

В схему фильтрации питания также были внесены изменения. Вместо громоздких LC-цепей и электролитических конденсаторов будут установлены малогабаритные керамические ФНЧ серии NFE (фирма Murata) с частотой среза около 100 МГц [5].

В прежних платах К2 был выявлен существенный недостаток: шумы усилителя на частоте 2430 МГц давали на выходе смесителя помехи на частотах около 1070 МГц. Для решения этой проблемы перед смесителем приходилось монтировать режекторный LC-фильтр на частоту 2430 МГц. В новой плате вместо него предусмотрен топологический фильтр, спроектированный в среде CST MWS Studio. Фильтр представляет собой два режекторных контура и один полосовой на частоту 4570 МГц (рис. 3). Следует отметить, что один из режекторных контуров также играет роль фильтра в схеме питания усилителя MMA709.

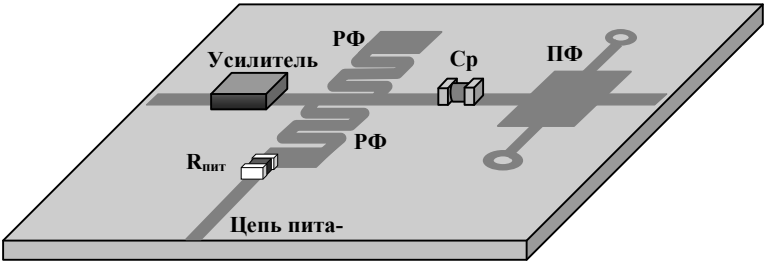



Рис. 3. Упрощённый вид топологии фильтра платы К2-3



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Кроме того, новая плата выполняется четырехслойной, причём толщина лицевого слоя (слой СВЧ) 0,25 мм вместо прежних 0,5 мм. Это уменьшает толщину микрополосковых линий, и, как следствие, габариты всей платы.

В настоящее время составлена принципиальная электрическая схема К2-3 и произведена предварительная трассировка платы. Новые печатные платы К2-3 планируются для внедрения в производство СК4М-18.

**ЛИТЕРАТУРА**


1. http://hittite.com/products/view.html/view/HMC349MS8G.
2. http://aeroflex.com/AMS/Metelics/pdfiles/MMA709.pdf.
3. http://www.analog.com/en/rfif-components/log-ampsdetectors/products.
4. http://search.murata.co.jp/ceramy/image/img/PDF/ENG/L0112S0113NFE61P.


## АУТЕНТИФИКАЦИЯ НА WEB-СЕРВЕРЕ


***Б.О. Кладов, Р.С. Михайлов – студенты 3-го курса***

*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, kladoff@sibmail.com, roma_new@mail.ru*


В данной статье рассматриваются наиболее распространенные методы аутентификации на web-сервере и их анализ с точки зрения защиты информации.

Для проверки аутентификации мы использовали web-сервер Apache 2.0 со всеми его стандартными утилитами и анализатор пакетов CommView.

**BASIC-аутентификация**

1) Создаём файл с паролями «.htpasswd» при помощи утилиты htpasswd.exe. Это стандартная утилита сервера Apache (рис. 1).

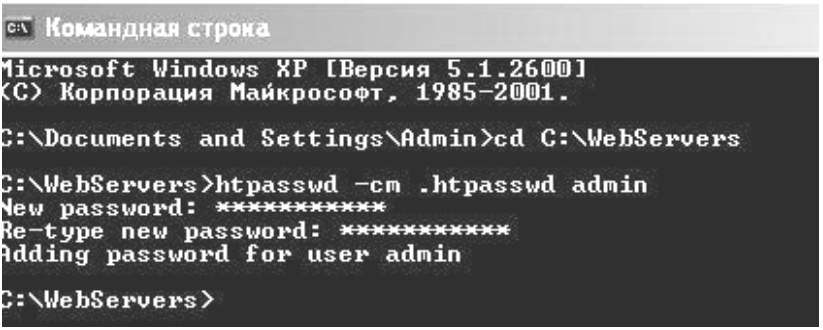



Рис. 1. Создание файла паролей



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

2) Создаём при помощи блокнота файл «.htaccess». Сохраняем этот файл в ту директорию, которую вы хотите защитить, и прописываем в нём:

| | |
|---|---|
| AuthType Basic | (тип аутентификации) |
| AuthName »Only for administrator!» | (название защищаемой обл.) |
| AuthUserFile /home/localhost/.htpasswd | (путь к файлу с паролями) |
| require valid-user | (тип разрешения) |

**Анализ BASIC**

Попробуем обратиться из браузера к нашей защищаемой директории (рис. 2). Как видим, необходимо ввести логин и пароль.

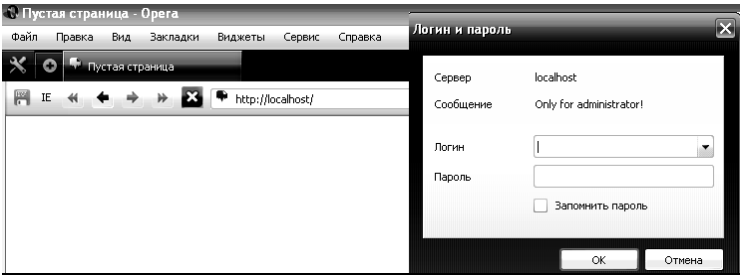



Рис. 2. Обращение к защищаемой директории

Рассмотрим файл паролей .htpasswd. Как видим, пароль хранится в виде хэш-функции, т.е. даже если злоумышленник проникнет на компьютер, он не сможет узнать пароль.

admin:$apr1$SK4mFO.P$cUFliO4yQf0SBhRp06PLf/

Теперь посмотрим, как логин и пароль передаются по сети. Для этого захватим пакеты во время аутентификации с помощью CommView. Найдём пакет, в котором содержатся данные об аутентификации:

```
0x01A0   0A 41 75 74 68 6F 72 69-7A 61 74 69 6F 6E 3A 20   .Authorization:
0x01B0   42 61 73 69 63 20 59 57-52 74 61 57 34 36 4D 54   Basic YWRtaW46MT
0x01C0   49 7A 4E 44 55 32 4E 7A-67 35 4D 41 3D 3D 0D 0A   IzNDU2Nzg5MA==..
```

В перехваченном пакете логин и пароль передаются в открытом виде в кодировке Base-64. Зашифрованный вариант логина и пароля выделен черным курсивом. Мы разобрались на практике с тем, как программа переводит текст из кодировки Base-64 в понятные нам символы.

Мы посимвольно перевели строку YWRTaW46MTIzN в десятичные числа на основе таблицы Base-64 [1]: 28 38 61 45 26 54 4 58 12 19 8 51.

Представили эти числа в двоичном виде:

011100 100110 111101 101101 011010 110110



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

000100 111010 001100 010011 001000 110011

Далее разбили двоичные числа на блоки по 8 бит:

01110010 01101111 01101101 01101011 01100001 00111010 00110001 00110010 00110011

Перевели эти числа в десятичный вид и записали для каждого числа соответствующий символ из таблицы ASCII:

a d m i n : 1 2 3 4 5 6 7 8 9

С помощью C++ [2] была написана программа, которая переделывает кодировку Base-64 в кодировку ASCII (рис. 3).

Рис. 3. Пример работы программы

Видно, что структура информации об аутентификации следующая:

*логин : пароль*

Данный тип аутентификации недостаточно безопасен, поэтому он используется вместе с SSL (Secure Sockets Layer).

**DIGEST-аутентификация**

1) Создаём файл с паролями «.htpasswd» при помощи утилиты htdigest.exe. Это также стандартная утилита сервера Apache.

2) Создаём при помощи блокнота файл с паролями «.htaccess», который аналогичен файлу паролей, создаваемому при аутентификации Basic, только в поле *AuthTyp* указывается *Digest.*

**Анализ DIGEST**

Попробуем обратиться из браузера к нашей защищаемой директории.

Рассмотрим файл паролей .htpasswd. Видим, что пароль хранится так же, как и при Basic-аутентификации, в виде хэш-функции. Только в этот файл еще добавилась область, в которую осуществляется доступ.

Admin:private:661ca82049887773970b525338d0b1e3

С помощью анализатора пакетов CommView перехватим пакеты во время аутентификации и найдем пакет, в котором передаются логин и пароль.

```
0x0260   7A 56 78 3D 22 2C 20 71-6F 70 3D 61 75 74 68 2C   zVx=", qop=auth,
0x0270   20 6E 63 3D 30 30 30 30-30 30 30 31 2C 20 72 65    nc=00000001, re
0x0280   73 70 6F 6E 73 65 3D 22-65 64 33 32 64 39 64 34   sponse="ed32d9d4
0x0290   65 35 35 37 37 30 61 31-32 39 33 65 66 64 37 37   e55770a1293efd77
0x02A0   30 66 63 35 30 34 66 38-22 0D 0A 43 6F 6F 6B 69   0fc504f8"..Cooki
```

Видим, что в данном типе аутентификации пароль не передаётся в открытом виде. Все данные об аутентификации передаются в поле response. Рассмотрим структуру этого поля.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Response = H(H(A1) + «:» + nonce + «:» + H(A2)),
H – хеш-функция, по умолчанию MD5,
A1 = логин + «:» + realm + «:» + пароль,
A2 = метод запроса + «:» + URI,
метод запроса – это GET, POST.

Если злоумышленник перехватит пакет, он не сможет увидеть логин и пароль. Но этот тип аутентификации также недостаточно безопасен. Злоумышленник, зная все значения поля response, кроме логина и пароля, может методом прямого перебора подобрать их, последовательно генерируя хеш-функции и сравнивая их с полем response. В целях безопасности данный тип аутентификации, также как и Basic, используют вместе с SSL.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Криптография и защита сетей: принципы и практика, 2е изд. : Пер. с англ. М. : Издательский дом «Вильямс», 2001. 672 с.

2. Герберт Шилдт. C++: учебный курс. СПб.: Питер, 2003. 471 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

***Б.О. Кладов, Р.С. Михайлов, И.А. Гаммершмидт, студенты 3-го курса***

*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, kladoff@sibmail.com, roma_new@mail.ru*

В настоящее время нам очень часто приходится использовать машинные носители, т.к. это очень удобно для хранения и передачи информации. Иногда нужно ограничить доступ к той или иной информации хранящейся на носителе, но, к сожалению, в самом носителе, как правило, не предусмотрена защита от несанкционированного доступа (НСД). Одним из способов защиты от НСД является криптография. В данной работе будут рассмотрены и сравнены две программы, предназначенные для шифрования данных, это **TrueCrypt** от компании TrueCrypt Foundation и **BitLocke**r от компании Microsoft.

Сравнивая данные продукты (таблица) по нескольким параметрам можно сделать следующие выводы:

1) Одним из преимуществ TrueCrypt являются её бесплатность и открытость исходного кода, что дает возможность специалистам по безопасности убедиться, что TrueCrypt не содержит никаких «потайных ходов». Это немаловажный фактор, т.к. нередко в коммерческих программах с закрытыми исходными кодами обнаруживаются потайные ходы. Так, например, в 2007 г. компания Elcomsoft, специализирующаяся на ПО для восстановления паролей, обнаружила секретный



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ключ в механизме шифрования, который использует программа Quicken для криптографической защиты файлов. Возможно, разработчики Quicken оставили секретный ключ по заказу ЦРУ, ФБР или других спецслужб, чтобы они могли при необходимости получить доступ к закрытым файлам пользователя.

2) Часто на предприятиях используются разные семейства ОС (пример: Windows и Linux). Как видно из таблицы, TrueCrypt работает на большинстве современных ОС.

3) Если сравнивать алгоритмы, используемые при шифровании, то и здесь TrueCrypt превосходит BitLocker, т.к. может использовать большее количество алгоритмов и поддерживает функцию каскадного шифрования.

**Сравнительная характеристика**

| Параметры | TrueCrypt | BitLocker |
|---|---|---|
| Стоимость | Бесплатно | Определяется стоимостью ОС |
| Операционная система | Семейство Windows NT и новее, GNU/Linux и Mac OS X | Windows Vista/7 Ultimate/Enterprise, Windows Server 2008 |
| Алгоритмы шифрования | AES, Serpent, Twofish 128/256 бит, возможно использование каскадного шифрования | AES 128/256 бит |
| Методы аутентификации | Пароль (символы ASCII таблицы). Ключевой файл (можно указать любой файл в качестве ключа) | TPM (криптопроцессор), пароль (используются любые символы), USB ключ |
| Использование | Требуется наличие на компьютере либо на съемном носителе данной программы | Для ОС Windows NT ранних версий, не содержащих BitLocker, тип доступа «только для чтения» |
| Шифрование | Шифрование как отдельного тома диска (флешки), так и создание зашифрованного контейнера в виде файла. Возможно создание скрытого тома | Зашифровать можно только весь том диска (флешки) |

4) Плюсом TrueCrypt является то, что он в отличие от BitLocker, может шифровать как целиком, так и отдельно взятые файлы (при этом создается контейнер).

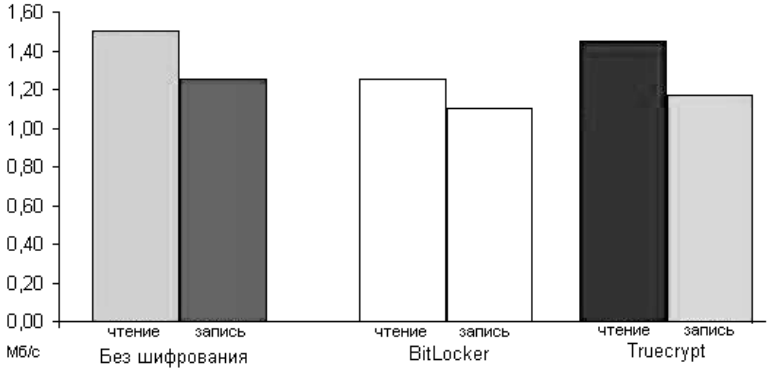


Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

5) Плюсом BitLocker, на наш взгляд, при условии, что вся работа будет вестись на компьютерах с ОС поддерживаемой данной программой, является более удобный интерфейс. Одним из важных достоинств данного продукта являются возможность использования USB ключа для шифрования данных и поддержка аппаратных криптопроцессоров.

Ключевым фактором оценки эффективности работы средства криптозащиты является производительность системы при использовании шифрования. Мы провели несколько тестов на производительность (рис.). Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы: производительность TrueCrypt незначительно превышает производительность BitLocker. При записи – на 10 Кб/с, при чтении – 20 Кб/с, что в целом не сильно отразится на общей производительности. Если сравнивать производительность после шифрования TrueCrypt с производительностью без использования шифрования, то работа замедляется незначительно, порядка 7 Кб/с при чтении и 9 Кб/с при записи.

Таким образом, мы можем сказать, что в целом TrueCrypt опережает BitLocker по нескольким показателям. Во-первых, он поддерживает большее количество алгоритмов шифрования, во-вторых, может использовать различные сценарии шифрования и, в-третьих, большую гибкость относительно того, где и как вы можете шифровать свои данные. После шифрования данных производительность операционной системы снижается незначительно.




Производительность программ

В современном мире ценность информации очень важна, и проблема информационной безопасности очень актуальна. Мы советуем всем владельцам ценной информации, хранящейся на машинных носителях, использовать шифрование как хороший метод защиты от НСД.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Technical Details [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.truecrypt.org/docs/, свободный.

2. Шифрование диска BitLocker [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://technet.microsoft.com/ru-ru/windows/aa905065.aspx, свободный.

3. Защита данных с помощью шифрования диска BitLocker / Байрон Хайнз [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.securitylab.ru/analytics/296866.php свободный.

## РАСЧЕТ ВОЛНОВОДНОГО СВЧ-МУЛЬТИПЛЕКСЕРА С-ДИАПАЗОНА

***А.Н. Колегов, аспирант***

*г. Красноярск, ОАО «ИСС», каф. РТС,* Aleksaurus@ya.ru

Интенсивное развитие космической связи предъявляет к техническим характеристикам выходных мультиплексеров всё более высокие требования: уменьшение потерь передающей мощности; снижение массы и габаритов; повышение технологичности для снижения стоимости средств связи и надёжности; уменьшение взаимовлияния высокочастотных стволов и обеспечение равномерной характеристики группового времени запаздывания. Эти задачи позволяют решить двухмодовые волноводные фильтры с эллиптической АЧХ, которые входят в состав мультиплексера [1].

При анализе современных требований ТЗ к каналам связи выяснилось, что наиболее оптимальной с точки зрения прямых потерь, межствольных развязок и габаритов (массы) является шестизвенная конструкция двухмодового волноводного фильтра.

Шестизвенный фильтр такого типа приведен на рис. 1.

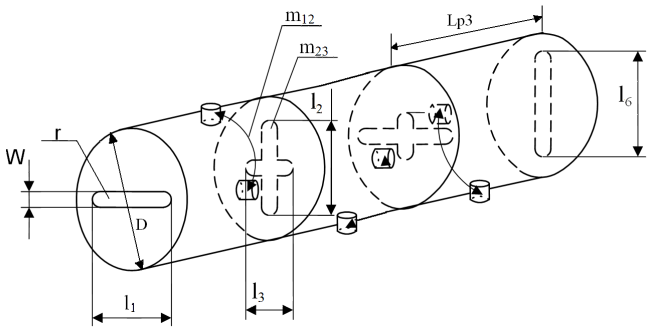



Рис. 1. Шестизвенный двухмодовый фильтр. $r$, $m_{12}$, $m_{23}$ – нормированные коэффициенты связи; $l_1 - l_6$ – длины щелей связи; $w$ – ширина щелей связи



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Расчет эллиптических фильтров проводится по следующей методике. Сначала для суммы заданных значений КСВ и развязки $A_s$ в зависимости от нормированной частоты отстройки $\Omega_s$ по графикам, приведенным на рис. 2, определяется требуемое количество резонаторов $N$. При этом $\Omega_s$ определяется по формуле

$$\Omega_s = \frac{1}{{}_{\Delta}\Omega}\left(\Omega_{s1} - \frac{1}{\Omega_{s1}}\right), \qquad (1)$$

$\Omega_{s1} = \dfrac{f_s}{f_0}$ – относительная частота отстройки; ${}_{\Delta}\Omega = \dfrac{\Delta f}{f_0}$ – относительная полоса пропускания.

Затем по заданным $A_s$, $\alpha$ и $N$ из таблиц [2] выбираются соответствующие нормированные коэффициенты связи $r$, $m_{12}$, $m_{23}$, $m_{34}$ и т.д. и для получения коэффициентов связи умножаются на масштабный коэффициент, равный относительной полосе пропускания. Нагруженная добротность входных резонаторов определяется как $Q=1/r$.

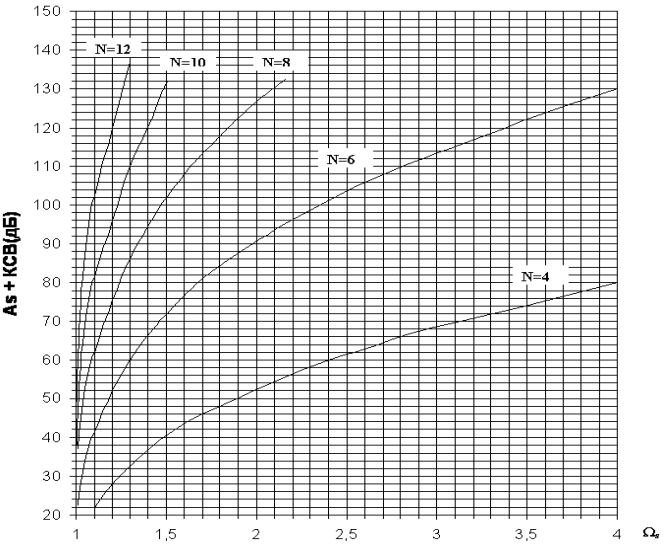



Рис. 2. Графики для определения числа резонаторов

Диаметр резонатора (отношение $D/L_p$) выбирается из условия наилучшей добротности резонатора и нераспространения паразитных типов волн ($TM_{010}$, $TM_{011}$, $TM_{012}$, $TE_{112}$, $TE_{211}$ и т.д.) в рабочей полосе частот мультиплексера. Для волны $H_{111}$ это условие выполняется при $D=L_p$ [3].

Наличие паразитных колебаний в рабочей полосе частот определяется по формуле



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$f^2 D^2 = 898{,}7\left[\left(\frac{X_{l,m}}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{nD}{2L_{\text{р}}}\right)^2\right], \qquad (2)$$

где $X_{l,m}$ – корни функции Бесселя, соответствующие определенным модам; $f$ – частота паразитного колебания; $D$ – диаметр резонатора; $L_{\text{р}}$ – длина резонатора.

Диафрагмы связи реализуются в виде узких щелей, которые характеризуются коэффициентом магнитной поляризуемости $\mu$.

Для входной связи:

$$\mu_{01} = 0{,}244\sqrt{\frac{a \cdot b \cdot n \cdot {L_{\text{р}}}^3 \cdot \lambda_{\text{в}} \cdot D^2}{Q \cdot {\lambda_0}^2}}, \qquad (3)$$

для межрезонаторной связи:

$$\mu_{ij} = \frac{0{,}75 \cdot k_{ij} \cdot n \cdot {L_{\text{р}}}^3 \cdot D^2}{{\lambda_0}^2}. \qquad (4)$$

Предварительные размеры щелей связи $l$ и $w$ определяются из графика измеренных статических значений коэффициентов магнитной поляризуемости для прямоугольных щелей с закругленными краями, толщиной $t \to 0$ и $l << 0{,}5\lambda_0$ [3]. Для диафрагм с конечной толщиной и $l$ соизмеримой с $\lambda_0$ вводятся поправочные коэффициенты для корректировки магнитной поляризуемости:

$$\mu' = \mu \cdot \left[1 - \left(\frac{2l}{\lambda_0}\right)^2\right] \cdot 10^{\frac{2{,}73 \cdot A \cdot t}{2l}\sqrt{1-(2l/\lambda_0)^2}},$$

где $t$ – толщина диафрагмы.

Длина ненагруженного резонатора для волны $H_{111}$ равна $L_{\text{р}} = 0{,}5\lambda_{\text{в}}$. Однако физическая длина каждого резонатора должна быть скорректирована, так как резонансная частота зависит от величины связи. С учетом винтов настройки длина резонатора еще уменьшается на 1÷2% от расчетной длины.

Для двухмодового фильтра *C*-диапазона получены расчетные соотношения, которые были подтверждены экспериментально.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Wanselow R.D. Prototype characteristics for a class of dual-mode filters // IEEE Trans. 1975. V. MTT-23. №8. P. 708–711.

2. Бергер М.Н. Двухмодовые волноводные фильтры // Зарубежная электроника. 1983. №1. С. 3–26.

3. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Смирнов В.П. Справочник по элементам волноводной техники. М.: Связь, 1967. 652 с.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ МОД ОПТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

***Д.А. Конкин, С.О. Чечулин, Е.С. Юрков, студенты 5-го курса;***
***С.А. Михнов, А.А. Шибельгут, аспиранты;***
***Р.В. Литвинов, к.ф.-м.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, godd@sibmail.com*

Вследствие большого количества разнородных областей в микроструктурированных оптических волокнах является актуальной разработка численных алгоритмов для их анализа.

В рамках полувекторного и векторного подхода к анализу оптических волокон [1–3] рассмотрим алгоритмы расчета спектра их волноводных мод на основе конечно-разностной аппроксимации дифференциальных уравнений, описывающих поля мод с пространственно-временной зависимостью его составляющих вида $A(x,y)\exp\left[i(\omega t-\beta z)\right]$. В обоих случаях поперечные распределения диэлектрической проницаемости $\varepsilon(x,y)$ и компонент оптического поля $A(x,y)$ аппроксимируют сеточными функциями $\varepsilon\left(x_\xi, y_\kappa\right)=\varepsilon_{\xi,\kappa}$ и $A\left(x_\xi, y_\kappa\right)=A_{\xi,\kappa}$, где $\xi = 0 \ldots N$ и $\kappa = 0 \ldots M$.

В рамках первого метода рекуррентные соотношения, впервые полученные в работе [1], учитывают условия на границах раздела сред, что позволяет автоматизировать процесс заполнения исходных численных массивов после сведения двумерной нумерации узлов сетки $(\xi,\kappa)$ к одномерной $(j)$ при помощи соотношения $j=\xi+\kappa(N+1)$. При этом двумерные конечно-разностные уравнения из работы [3] могут быть представлены в виде линейной задачи на собственные значения:

$$\alpha w E_{j-1}+\alpha e E_{j+1}+\alpha n E_{j-N-1}+\alpha s E_{j+N+1}+\left(\alpha x+\alpha y+k_0^2\varepsilon\right)E_j=\beta^2 E_j, \quad (1)$$

где коэффициенты описываются соотношениями из этой же работы.

В основе второго метода лежит конечно-разностная аппроксимация исходных уравнений Максвелла для монохроматического электромагнитного поля, заданного в специальных точках сетки, являющейся двумерным аналогом сетки Yee [4], так, что они оказываются тангенциальными по отношению к границам элементарной ячейки [2]. Такой подход также приводит к задаче на собственные значения, которая может быть представлена в форме

$$\frac{H_{j-N}^x-H_{j+1}^x}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_{j+1}^z\Delta x\Delta y}+\frac{H_j^x-H_{j-N-1}^x}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_j^z\Delta x\Delta y}+\omega\mu_0 H_j^y-\frac{H_j^y-H_{j-1}^y}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_j^z\Delta x^2}+\frac{H_{j+1}^y-H_j^y}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_{j+1}^z\Delta x^2}=\beta E_j^x, \quad (2)$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$\frac{H_j^x - H_{j-N-1}^x}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_j^z\Delta y^2} - \omega\mu_0 H_j^x - \frac{H_{j+N+1}^x - H_j^x}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_{j+N+1}^z\Delta y^2} + \frac{H_{j+N+1}^y - H_{j+N}^y}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_{j+N+1}^z\Delta x\Delta y} - \frac{H_j^y - H_{j-1}^y}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_j^z\Delta x\Delta y} = \beta E_j^y, \quad (3)$$

$$\frac{E_{j-N-1}^x - E_j^x}{\omega\mu_0\Delta y^2} + \omega\varepsilon_0\varepsilon_j^x E_j^x + \frac{E_{j+N+1}^x - E_j^x}{\omega\mu_0\Delta y^2} + \frac{E_{j-N}^y - E_{j+N-1}^y}{\omega\mu_0\Delta x\Delta y} + \frac{E_j^y - E_{j+1}^y}{\omega\mu_0\Delta x\Delta y} = \beta H_j^y, \quad (4)$$

$$\frac{E_{j+N+1}^x - E_j^x}{\omega\mu_0\Delta x\Delta y} + \frac{E_{j-1}^x - E_{j+N}^x}{\omega\mu_0\Delta x\Delta y} - \omega\varepsilon_0\varepsilon_j^y E_j^y + \frac{E_j^y - E_{j+1}^y}{\omega\mu_0\Delta x^2} + \frac{E_j^y - E_{j-1}^y}{\omega\mu_0\Delta x^2} = \beta H_j^x, \quad (5)$$

где $E_j^{x,y}$ и $H_j^{x,y}$ – сеточные функции $x$-, $y$-компонентов электрической и магнитной напряженности, соответственно; $\varepsilon_j^z = \left(\varepsilon_j + \varepsilon_{j-N-2} + \varepsilon_{j-N-1} + \varepsilon_{j-1}\right)/4$; $\varepsilon_j^y = (\varepsilon_j + \varepsilon_{j-1})/2$; $\varepsilon_j^z = (\varepsilon_j + \varepsilon_{j-N-1})/2$; $\varepsilon_0$ и $\mu_0$ – фундаментальные электрическая и магнитная постоянные; $\Delta x$ и $\Delta y$ – шаг сетки вдоль координатных осей.

Отметим, что неизвестные в уравнениях (1)–(5) с номерами $j = \xi + \kappa(N+1)$, соответствующими исходным индексам $0 > \xi > N$ и $0 > \kappa > M$, должны быть приравнены нулю.

Соотношения (1)–(5) составили основу численных алгоритмов, реализованных в среде MATLAB R2006B. Результаты расчетов показателей преломления $n_{eff} = \beta/k_0$ волноводных мод ступенчатого волокна с диаметром сердцевины 5 мкм, показателями преломления $n_{\min} = 1{,}45$ и $n_{\max} = 1{,}459$, выполненных с использованием этих программ, представлены в таблице.

**Эффективные показатели преломления ступенчатого оптического волокна, полученные различными методами**

| Модовые числа | Эффективный показатель преломления | | |
|---|---|---|---|
| | Решение дисперсионного уравнения | Полувекторный подход | Векторный подход |
| $\nu = 0,\ m = 0$ | 1,453784 | 1,453790 | 1,453805 |
| $\nu = 1,\ m = 0$ | 1,450194 | 1,450119 | 1,450290 |
| $\nu = 1,\ m = 1$ | 1,456881 | 1,456884 | 1,456888 |
| $\nu = 2,\ m = 0$ | 1,453785 | 1,453796 | 1,453818 |
| $\nu = 3,\ m = 0$ | 1,450178 | 1,450091 | 1,450164 |

Здесь же представлены результаты расчета $n_{eff}$, полученные численным решением хорошо известного дисперсионного соотношения



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

[5]. Верификация разработанных программ подтверждается хорошим совпадением показателей $n_{eff}$, полученных различными методами.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (государственные контракты № П543 от 05.08.09, № П580 от 05.08.09, № П1917 от 29.10.09, № П2503 от 20.11.09).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Stern M.S. Semivectorial polarized finite difference method for optical waveguides with arbitrary index profiles. IEEE Procidings. 1988. Vol. 135, №1. P. 56–62.

2. Zhu Z., Brown T.G. Full-vectorial finite-difference analysis of microstructured optical fiber // Optics express. 2002. Vol. 10. №17. P. 853–864.

3. Kawano K., Kitoh K. Introduction to optical waveguide analysis. NY.: John Wiley & Sons, 2001. 280 p.

4. Yee K.S. Numerical solution of initial boundary value problem involving Maxwell's equations in isotropic media // IEEE Transactions on antennas and propagation 14. 1966. P. 302–307.

5. Адамс М. Введение в теорию оптических волноводов. М.: Мир, 1984. 512 с.

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА АВТОТРАНСПОРТА*

***И.Н. Козлов, студент 5-го курса***

*г. Томск, ТУСУР, каф. СРС, <mrc@main.tusur.ru>*

Мониторинг автотранспорта дает неоспоримое преимущество владельцу автомобиля, который всегда знает, где и в каком состоянии находится его автомобиль. Мониторинг с помощью системы спутникового слежения дает возможность прокладывать маршрут, следить за уровнем горючего, вести его учет и т.п.

Для решения задач мониторинга используются следующие компоненты системы: 1) приемник ГЛОНАСС СН-4706; 2) микроконтроллер AT32UC3B фирмы Atmel; 3) радиостанция Motorola Mototrbo.

Помимо сбора данных о местонахождении автомобиля, требуется вести контроль и слежение за состоянием транспортного средства:

1) параметры движения в реальном времени;

2) расход (датчики ДРТ, VZO и т.п.) и уровни (датчики ДУТ-Е, Стрела, LLS и т.п., штатный датчик) топлива, учет моточасов;

* Выполнено в рамках проекта ГПО СРС-0802 – Разработка радиочастотного тракта приемопередающих модулей ВЧ и СВЧ.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

3) состояние и параметры внешних устройств и механизмов с помощью дискретных и аналоговых входов, в т.ч. оборотов двигателя и температуры, подсчет пассажиров (с помощью внешних датчиков).

4) адаптивня или периодическая запись маршрута движения, параметры, события и состояние дискретных и аналоговых входов в энергонезависимую память типа «черный ящик» (180000 записей).

В список параметров, которые можно получить через шину CAN, вошли: скорость автомобиля, состояния круиз-контроля, педали газа, тормоза и сцепления, расход топлива, уровень топлива в баках (до 6 датчиков), обороты двигателя, пробег до ТО, моточасы, температура охлаждающей жидкости, масла и топлива, общий и суточный пробег автомобиля, нагрузка на ось (колеса). Протокол и стандарт считывания рабочих параметров с бортового компьютера и CAN-датчиков поддерживают производители SCANIA, MAN, VOLVO, DAF, IVEKO, MERCEDES (Daimler), КАМАЗ, МАЗ последних модификаций и др.

Микроконтроллер AT32UC3B не имеет разъема для обработки CAN-интерфейса. Подобный интерфейс появится только в AT32UC3C, который в данное время находится в стадии разработки. Для того чтобы получить доступ к CAN-шине автомобиля, надо использовать отладочные средства.

Корпорация Atmel выпустила новое отладочное средство ATAVRAUTOEK1 с интерфейсами CAN и LIN для микроконтроллеров AVR в автомобильном температурном диапазоне (рис. 1).

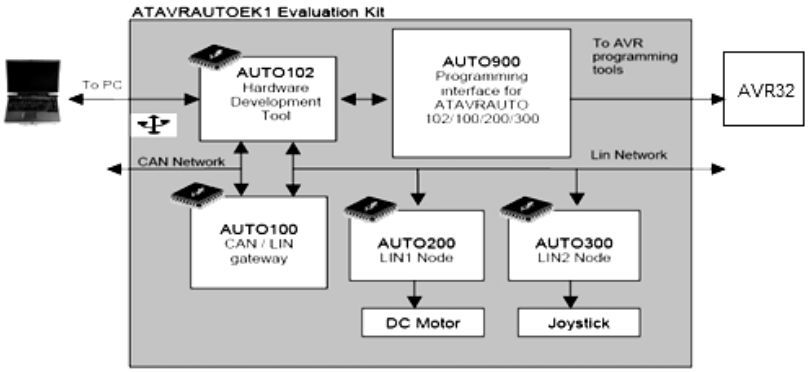



Рис. 1. Схема согласования интерфейсов CAN и LIN с микроконтроллером

На рис. 2 представлена структурная схема устройства передачи навигационных и телеметрических данных с использованием канала связи УКВ-диапазона.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

С бортового компьютера автомобиля через отладчик CAN и LIN интерфейса данные о состоянии транспортного средства подаются в микроконтроллер AT32UC3B. На этот же микроконтроллер подаются данные с ГЛОНАСС-приемника CH-4706. В микроконтроллере телеметрические и навигационные данные обрабатываются и через USB-интерфейс подаются на радиостанцию Motorola Mototrbo. В радиостанции эти данные кодируются и на несущей частоте передаются на диспетчерский пункт. Система мониторинга питается от аккумуляторной батареи автомобиля (напряжение +12 В). Микросхемы AT32UC3B и CH-4706 питаются напряжением +3,3 В, отладочное средство ATAVRAUTOEK1 – напряжением +5 В. Эти напряжения получаются при помощи стабилизаторов RDD05-03S4.

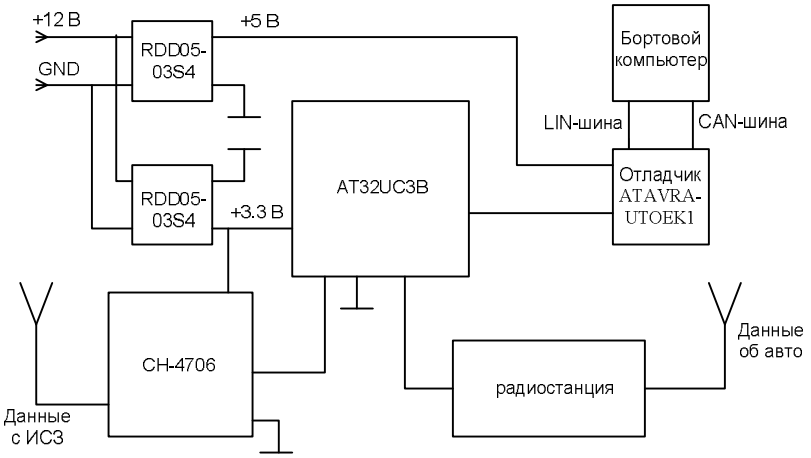



Рис. 2. Структурная схема системы мониторинга автомобиля

Система мониторинга транспортных средств в настоящее время находится в стадии технического предложения. Предполагаются в дальнейшем доработка и постановка изделия на производство.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. http://www.atmel.ru/news/news.pl?a=1&idf=7&kod=Atmel&page=1.
2. http://www.navis.ru/downloads/CH_4706.



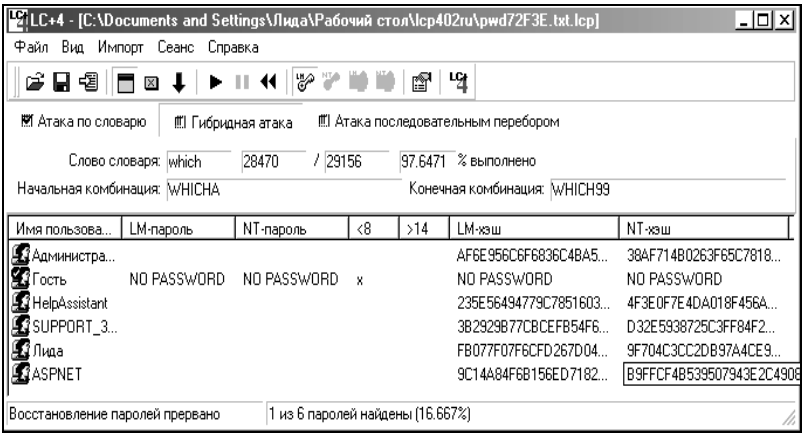
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ЛОКАЛЬНАЯ АУТЕНТИФИКАЦИЯ И МЕХАНИЗМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАРОЛЯ

***О.И. Макарова, М.А. Морозова, Л.А. Пляскина,***
***О.Б. Салтанова, студентки 3-го курса***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, Saltanovaob@sibmail.com*

Операционные системы Windows NT/2000/XP, Cisco IOS и Linux хранят пароли в зашифрованном виде, называемом хэшами паролей. Пароли не могут быть получены непосредственно из хэшей. Восстановление паролей заключается в вычислении хэшей по возможным паролям и сравнении их с имеющимися. Аудит паролей включает в себя проверку возможных путей получения информации об учетных записях пользователей, результатом восстановления паролей является их представление в явном виде с учетом регистра.

Хэши паролей системы Windows NT/2000/XP могут быть получены из файла SAM или его резервной копии, находящемся на диске в каталоге Windows/sistem32/config. К файлу SAM нельзя получить доступ, пока Windows загружен. Если имеется физический доступ к машине, необходимо скопировать файл, загрузив другую операционную систему. После этого необходимо выполнить импорт файла SAM. Затем производится восстановление пароля с помощью программы LC+4. Пример работы данной программы приведен на рисунке.




Пример восстановления пароля в ОС Windows

С помощью данной программы удалось получить пароль в открытом виде, единственным недостатком является потеря большого количества времени на ожидание конечного результата.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В операционной системе Linux текстовые файлы passwd и shadow, в которых хранятся логины и пароли, располагаются в каталоге /etc. Файл /etc/passwd является таблицей, каждая строка которой представляет отдельную учетную запись. Сами хэшированные пароли в файле /etc/passwd не хранятся. Если в учетной записи пользователя вместо пароля стоит символ x, это указывает на то, что хэшированный пароль находится в другом файле – /etc/shadow. Можно легко получить хэши, если имеется физический доступ к компьютеру, загрузив со съемного носителя другую операционную систему и импортировав из каталога /etc файл shadow, и с помощью программы-взломщика (например, John the Ripper или LCP) восстановить пароль.

С помощью данной программы был получен пароль в открытом виде, недостатком этого метода является затрата большого количества времени для получения результата.

Можно задать новый пароль, если загрузить систему в однопользовательском режиме single user. Необходимо войти в режим single user во время запуска операционной системы из экрана загрузки. Отметим, что экран содержит некоторые указания: e – команда редактирования командной строки перед загрузкой. Чтобы войти в режим single user, необходимо:

− Нажать клавишу [E] во время отображения экрана загрузки. Будет показано содержимое файла настройки.

− С помощью клавиш с указателями выделить строку kernel.

− Нажать клавишу [E], чтобы редактировать командную строку.

− Ввести слово single в конце строки и нажать клавишу [Enter] для сохранения изменений.

− Нажать клавишу [B], чтобы загрузить систему.

− Когда система завершит загрузку, будет показан запрос. При запросе учетной записи ввести root. В этот момент можно изменить пароль главной учетной записи. Для этого введем passwd root.

С помощью данного алгоритма удалось войти в систему и изменить пароль.

В Cisco-маршрутизаторах восстановление пароля осуществляется следующим образом, если есть физический доступ к маршрутизатору:

− при включении питания маршрутизатора выполняем комбинацию Ctrl+Break;

− входим в режим Rommon (Режим восстановления);

− набираем команду confreg 0×2142;

− набираем команду return;

− после перезагрузки выполняем команду enable;

− выполняем команду copy runnig-config startup-config;

− выполняем команду configure terminal;



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

− выполняем команду config-register 0x2102;
− выполняем команду exit;
− выполняем команду *return.*

После этих манипуляций маршрутизатор был восстановлен к заводским установкам.

В данной работе были рассмотрены алгоритмы восстановления паролей ОС Cisco IOS, Windows и Linux. Для защиты от несанкционированного доступа мы предлагаем ряд рекомендаций.

Для предотвращения взлома пароля в ОС Windows необходимы отключение хэша пароля LM, отключение аутентификации LAN Manager и NTLM, блокировка учетных записей, защита процесса загрузки.

Для предотвращения взлома пароля в ОС Linux необходимо в соответствующую секцию файла lilo.conf добавить две строки: restricted и pas sword=<pas sword>, защита процесса загрузки.

Для предотвращения взлома пароля в ОС Cisco IOS – ограничение физического доступа к маршрутизатору, включенный сервис шифрования паролей.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Бакланов В.В. Администрирование и безопасность операционных систем Linux.: Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-та. 2005. 93 с.
2. Валади Дж.: Пер. с англ. М.: Технолоджи-3000, 2006. 336 с.
3. Леинванд А., Пински Б. Конфигурирование маршрутизаторов Cisco. 2-е изд.: Пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. 368 с.

## РЕЖИМЫ РАБОТЫ АВТОГЕНЕРАТОРА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ КОНТУРОМ ПРИ ЁМКОСТНОЙ СВЯЗИ

***И.О. Майборода, студент 5-го курса;***
***А.С. Майдановский, к.ф-м.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. радиоэлектроники, mio10@sibmail.com*

В двухконтурном автогенераторе при определённых условиях возможны три режима работы: одночастотных колебаний, гашения колебаний вблизи точки внутреннего резонанса и режим затягивания. Эти явления подробно изучены [1, 2], но не установлены чёткие границы областей параметров системы, определяющих режимы (коэффициент связи контуров $K$, инкремент контура генератора ε, затухание второго контура $d_2$).



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Для нахождения границ, строго говоря, необходимо провести решение нелинейных дифференциальных уравнений движения системы. Однако возникает предположение, что режимы стационарных колебаний определяет начало движения, когда амплитуды колебаний малы. Для проверки этого предположения были проведены: 1) решение линеаризованных уравнений и 2) экспериментальное исследование режимов работы двухконтурного автогенератора. В результате были получены зависимости собственных частот $\Omega_i$ (или $\eta_i = \Omega_i / \nu_2$, где $\nu_2$ – парциальная частота перестраиваемого контура), затуханий $\sigma_i$ и амплитуд $a_i$ колебаний от расстройки контуров $\varsigma_i = \nu_i / \nu_1$, или парциальной частоты перестраиваемого контура. Рассмотрим некоторые случаи.

*Первый случай*. Потери во втором контуре велики: $d_2 > \varepsilon$. Если коэффициент связи мал – $K_{св} < K_{кр}$ ($K_{кр} = 0{,}5|\varepsilon + d_2|$ [3]), то $\sigma_1 > 0$, $\sigma_2 < 0$ и возбуждаются колебания только на частоте $\Omega_1$ (одночастотный режим – рис. 1)) при увеличении $K_{св}$ (но ещё $K_{св} < K_{кр}$).

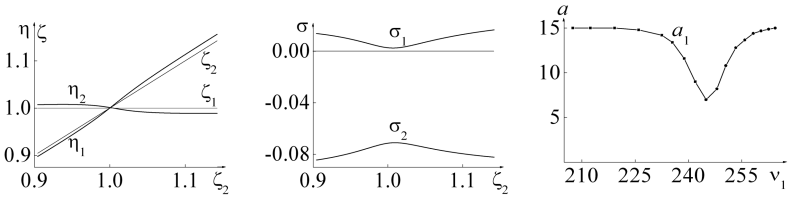



Рис. 1. Одночастотный режим, здесь и далее амплитуды $a_i$ измеряются в В, а частоты $\nu_i$ – в кГц

Появляется область расстроек, внутри которой декремент затухания отрицателен для обоих колебаний, в этом случае возникает гашение одночастотных колебаний (рис. 2).

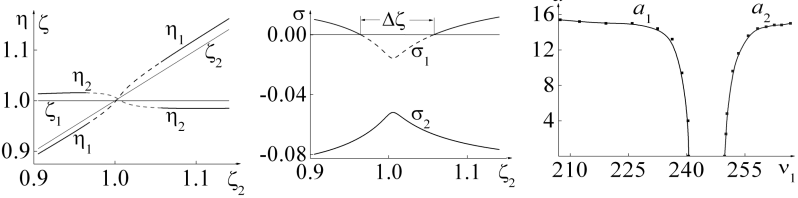



Рис. 2. Одночастотный режим, гашение



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

*Второй случай.* Выполнено условие $d_2 = \varepsilon$. При $K_{св} > K_{кр}$ вначале выполняется условие самовозбуждения для колебаний на медленной частоте, в точке равенства частот происходит перескок колебаний на другую частоту (рис. 3). Фактически в этом случае имеет место режим затягивания, но область затягивания имеет нулевую ширину и остается такой при сколь угодно большом коэффициенте связи $K$.

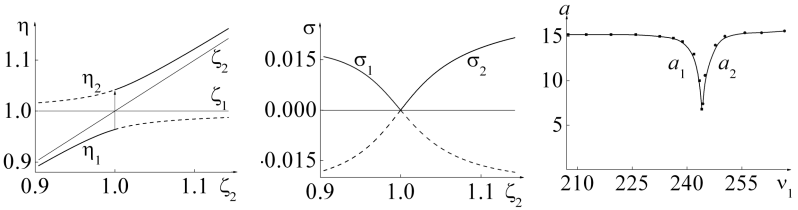



Рис. 3. Двухчастотный режим, скачёк

*Третий случай*, Декремент второго контура меньше инкремента первого: $d_2 < \varepsilon$. В этом случае могут существовать только колебательные режимы – одночастотных колебаний и затягивания (рис. 4). Причём чем больше $K_{св}$, тем шире область затягивания.

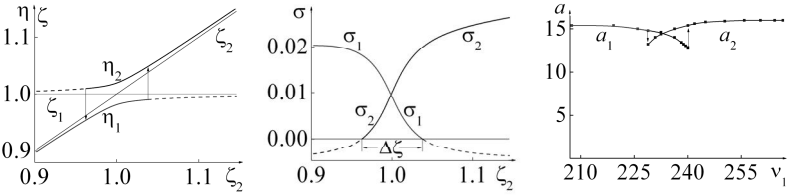



Рис. 4. Двухчастотный режим, затягивание

Из анализа графиков следует:

1) одночастотный режим получается только при связи контуров меньше критической ( $K_{св} < K_{кр}$ ), но при любых значениях затухания второго контура ( $d_2 <> \varepsilon$ ).

2) Режим гашения имеет место, если потери второго контура превышают инкремент контура генератора $d_2 > \varepsilon_0$, причём коэффициент связи может быть как больше, так и меньше критического ( $K > K_{кр}$, $K < K_{кр}$ ).

3) Режим затягивания возникает только при малых потерях второго контура $d_2 < \varepsilon_0$ и при коэффициенте связи $K_{св} > K_{кр}$.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

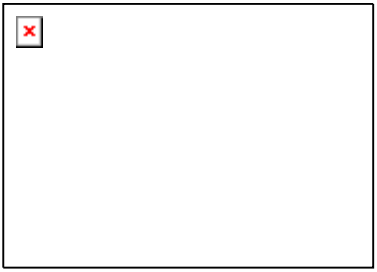


Рис. 5. Диаграмма режимов

Перечисленные результаты позволяют построить простую диаграмму режимов (рис. 5), на которой по оси ординат отложено $d_2$, а по оси абсцисс – $K$.

Ниже линии $d_2 = \varepsilon$ имеют место колебательные режимы, как одночастотный, так и двухчастотный. Прямая $d_2 = 2K$, идущая из точки (0,5ε, 0), разделяет плоскость на области одночастотного (слева от неё) и двухчастотного (справа) режимов. Если при этом $d_2 < \varepsilon$, то слева будут существовать колебания на одной частоте, а справа будет иметь место режим затягивания. Если $d_2 = \varepsilon$, то при любом значении $K \geq K_{кр}$ в точке резонанса происходит скачок с одной собственной частоты на другую. Это граничный двухчастотный режим с нулевой шириной области затягивания. Область гашения лежит между пунктирной линией и прямой $d_2 = \varepsilon$. Расчёт показывает, что тангенс угла наклона пунктирной линии равен примерно $2{,}8/\varepsilon$.

**ЛИТЕРАТУРА**


1. Мигулин В.В., Медведев В.И., Мустель Е.Р., Парыгин В.Н. Основы теории колебаний. М.: Наука, 1988. 285 с.

2. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1984. 432 с.

3. Майдановский А.С. Колебания линейных неконсервативных динамических систем с двумя степенями свободы // Известия высших учебных заведений. Физика. 2006. № 9. С. 256–264.


## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ШАЙБЫ ДЛЯ ВОЗДУШНОГО КОАКСИАЛЬНОГО ТРАКТА*


***Ф.А. Михеев, студент 4-го курса РТФ;***
***А.В. Фатеев, аспирант каф. СВЧ и КР***
*г. Томск, ТУСУР*


В воздушном коаксиальном тракте диэлектрическая шайба – единственный элемент для фиксации центрального проводника. Количество


* Работа выполнена в рамках проекта ГПО СВЧ и КР-0802 – Сверхширокополосные пассивные устройства СВЧ-диапазона.





Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

таких элементов может достигать до 20% от объёма всех элементов, входящих в устройство, поэтому частотные характеристики таких шайб не должны оказывать значительного влияния на согласования.

Главные особенности диэлектрической шайбы – её электрические и механические параметры. Электрические параметры предполагают низкий коэффициент отражения и подавление высших типов колебаний. Вносимые затухания, вызванные потерями в диэлектрике, являются незначительными и обычно не влияют на работу из-за относительно короткой длины диэлектрической шайбы и малого значения тангенса угла диэлектрических потерь. Механические параметры особенно важны для прецизионных адаптеров, т.к. адаптер должен выдерживать большое количество циклов включения-выключения при неизменных электрических параметрах.

Диэлектрическая проницаемость материала шайбы всегда больше, чем у воздуха, следовательно, её поперечные размеры будут отличаться от размеров воздушного коаксиального тракта, чтобы она была согласована с воздушным коаксиальным трактом. Если у диэлектрической шайбы будет увеличен внешний диаметр и уменьшен внутренний относительно коаксиального тракта, то центральный проводник будет жестко фиксироваться относительно внешнего и будет защищен относительно продольных перемещений.

Размеры диаметров диэлектрической шайбы связаны и с рабочим диапазоном частот. Они выбираются таким образом, чтобы их размеры не приводили к возникновению волн высших типов в рабочем диапазоне воздушного коаксиального тракта. Первый высший тип волны, который может возникнуть, есть $H_{10}$. Определить частоту, на которой он может возникнуть, можно с помощью формулы [1]:

$$f_{\text{кр}} = \frac{k_c \cdot c}{2 \cdot \pi},$$

где $c$ – скорость света; $k_c$ – первый корень трансцендентного уравнения

$$\frac{N_1'(k_c, r_i)}{J_1'(k_c, r_i)} = \frac{N_1'(k_c, r_0)}{J_1'(k_c, r_0)},$$

где $r_i$ – внутренний радиус шайбы; $r_0$ – внешний радиус шайбы.

Для уменьшения отражения от границы раздела воздух – диэлектрик эквивалентную диэлектрическую проницаемость шайбы понижают с помощью высверливания отверстий и торцевых выборок. Примерно оценить эквивалентную диэлектрическую проницаемость можно при помощи формулы

$$\varepsilon_{\text{эфф}} = \frac{V_{\text{возд}} + \varepsilon_{\text{шайбы}} \cdot V_{\text{шайбы}}}{V_{\text{возд}} + V_{\text{шайбы}}},$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

где $V_{возд}$ – объём диэлектрической шайбы, замещённый воздухом; $V_{шайбы}$ – объём цельной шайбы; $\varepsilon_{шайбы}$ – диэлектрическая проницаемость материала шайбы.

На основе вышеизложенного было проведено моделирование диэлектрической шайбы для коаксиального тракта сечением 2,4/1,04 мм. Для обеспечения требуемых электрических параметров для изготовления шайбы выбран высокочастотный материал с относительной диэлектрической проницаемостью, равной 2,53.

По приведенным выше формулам была рассчитана эквивалентная диэлектрическая проницаемость, получившаяся равной 2,008, и критическая частота, равная 53,464 ГГц, для шайбы с отверстиями и торцевой выборкой и на основании расчёта были выбраны внутренний и внешний диаметры шайбы, равные 2,8 и 0,87 мм соответственно, и создана модель, которая изображена на рис. 1. Длина шайбы равна 1,6 мм. Оптимальная характеристика модуля коэффициента отражения приведена на рис. 2.

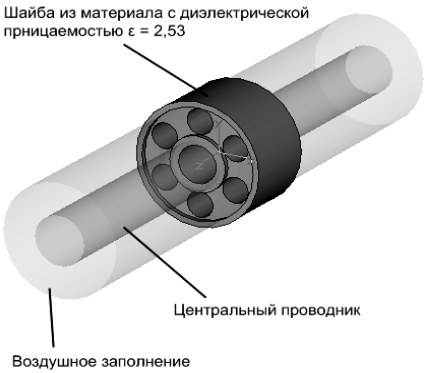



Рис. 1. Модель шайбы для коаксиального тракта сечением 2,4/1,04 мм

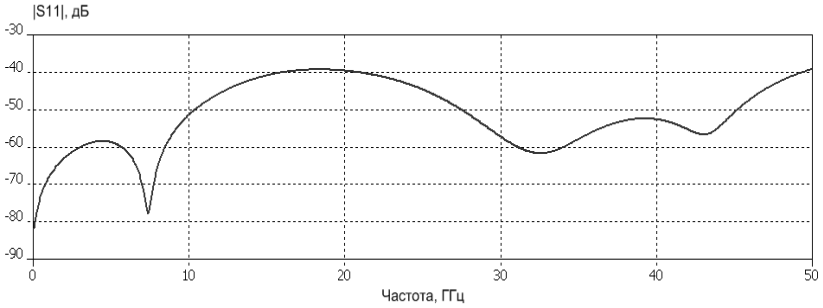



Рис. 2. Частотная зависимость модуля коэффициента отражения диэлектрической шайбы

Однако из-за наличия технологических и производственных допусков [2] реальные параметры шайбы, а также и самого коаксиально-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

го тракта могут отличаться от расчетных. И это необходимо учитывать при моделировании.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Рамо С., Уиннери Дж. Поля и волны в современной радиотехнике. М.: ОГИЗ, 1948. 632 с.

2. Михеев Ф.А., Морозов О.Ю., Фатеев А.В. Исследование влияния производственных допусков на параметры отрезка коаксиального тракта // Научная сессия ТУСУР–2009: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Ч. 4. Томск: В-Спектр, 2009. С. 34–37.

## РАЗРАБОТКА МОЩНОЙ РЕГУЛИРУЕМОЙ НАГРУЗКИ

***А.В. Кашеутов, Н.С. Мясников, А.В. Томилов, студенты 3-го курса;***
***Б.И. Авдоченко, к.т.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, AvdochenkoBI@rzi.tusur.ru*

При разработке, проверке и настройке мощных вторичных устройств электропитания используются нагрузки сопротивлением от десятых долей ом до единиц ом и мощностью в сотни–тысячи ватт, способные длительное время выдерживать большие токи и рассеивать большую мощность. В связи с высокой ценой, большими габаритами и необходимостью иметь достаточное количество эталонных нагрузок перед нами была поставлена задача разработать нагрузку, способную выдерживать большую мощность, быть компактной, иметь умеренную стоимость, а также позволять регулировать ток в нагрузке. В данной статье рассматривается разработка нагрузки для мощного источника питания с напряжением 48 В, способная регулировать ток до 20 А.

Основной проблемой при создании такой нагрузки является отвод тепла. Исходя из требования мобильности и, как следствие, компактности разрабатываемого устройства и высокой удельной мощности устройства, было решено использовать изменение режима работы мощных полевых транзисторов, которые позволяют получить необходимые токи и имеют достаточную рассеиваемую мощность.

Для эффективного отвода тепла от транзисторов и снижения теплового сопротивления корпус транзистора – внешняя среда, транзисторы были закреплены на массивном алюминиевом радиаторе, обдуваемом мощным вентилятором.

Необходимое для запитывания вентилятора постоянное напряжение 12 В получается от стабилизатора напряжения, корпус выходного транзистора которого также соединен с радиатором. Такое решение позволило расширить диапазон подаваемых напряжений от 12 до 48 В.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Для изменения режима транзисторов с целью обеспечения регулировки тока от 1 до 20 А используется регулировка уровня напряжения смещения на затворе транзистора с помощью переменного резистора.

Разработанная принципиальная схема мощной регулируемой нагрузки приведена на рис. 1.

Основные характеристики устройства:

- напряжение питания 12–48 В, постоянное;
- максимальный ток 20 А;
- максимальная рассеиваемая мощность 1000 Вт;
- габаритные размеры 300 × 160 × 135 мм;
- масса изделия не более 2,8 кг;
- время непрерывной работы неограничено.

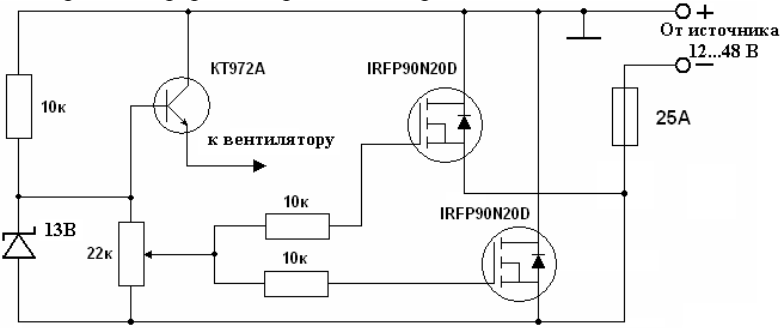



Рис. 1. Принципиальная схема регулируемой нагрузки

Рис. 2. Внешний вид мощной регулируемой нагрузки

Внешний вид мощной регулируемой нагрузки приведен на рис. 2.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Электронные нагрузки серии АКИП-13xx и их использование для тестирования источников питания. Режим доступа: http://www.prist.ru/info.php /articles/akip_electronic_loads.htm свободный.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ*

***В.О. Небелюк, студент 4-го курса, Г.Н. Якушевич, доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. СРС, <mrc@main.tusur.ru>*

Относительно малая единичная мощность транзисторов часто приводит к необходимости суммировать мощности группы транзисторов. Параллельные и двухтактные схемы имеют ряд недостатков, вызванных связью транзисторов через общую нагрузку. Эти недостатки устраняются в мостовых усилителях, обеспечивающих взаимную развязку транзисторов [1].

Ниже представлены результаты разработки схемы устойчивого усилителя мощности (мощность на выходе не менее 27 дБм) с коэффициентом передачи на частоте 100 МГц не менее 20 дБ и малыми коэффициентами отражения по входу и выходу устройства на частоте 100 МГц (рис. 1). Для решения этой задачи были выбраны транзисторы BFG 235 с диапазоном рабочих частот 10 МГц–2 ГГц.

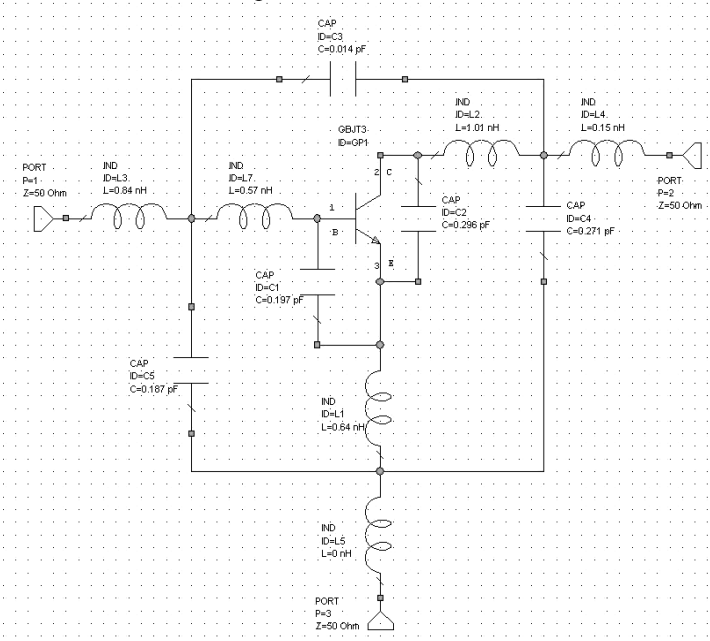



Рис. 1. Схема модели транзистора с учетом паразитных емкостей и индуктивностей выводов

* Выполнено в рамках проекта ГПО СРС-0802 – Разработка радиочастотного тракта приемопередающих модулей ВЧ и СВЧ.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Моделирование выполнено в MicroWave Office 2007. При этом использована нелинейная модель транзистора BFG 235 [2], в которой были учтены паразитные емкости и индуктивности.

Затем была разработана и рассчитана схема синфазного мостового усилителя, который состоит из 2 активных элементов, охваченных обратной связью, цепей согласования по входу/выходу и цепей, устанавливающих рабочую точку транзисторов.

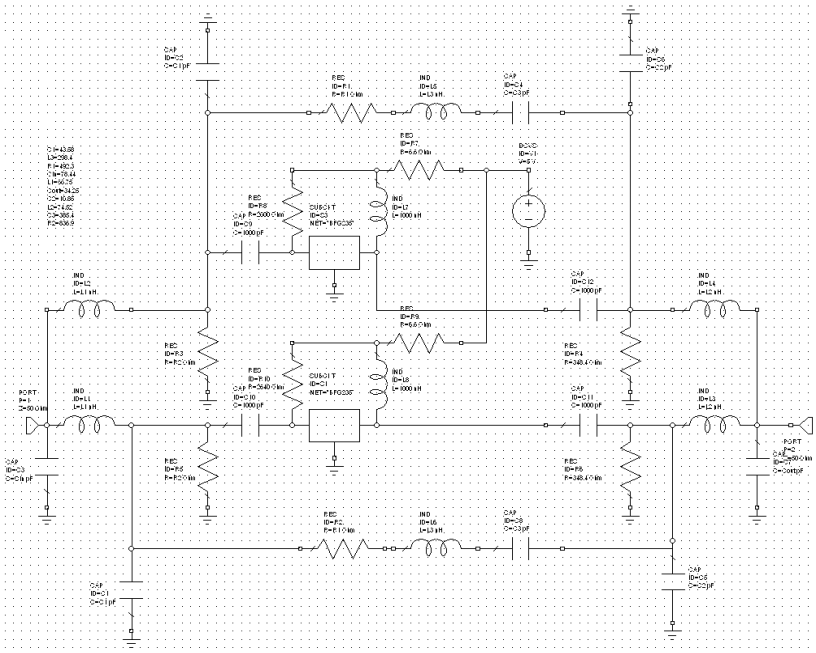


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная мостового усилителя мощности

На рис. 3–5 приведены частотные характеристики разработанного усилителя.

Разработанный усилитель, обеспечивает следующие характеристики:

- Коэффициент усиления 22 дБ на частоте 100 МГц.
- Коэффициент отражения по входу –28 дБ на частоте 100 МГц.
- Коэффициент отражения по выходу –22 дБ на частоте 100 МГц.
- Коэффициент устойчивости >1 в диапазоне 10–400 МГц.
- Мощность на выходе усилителя 27 дБм (0,5 Вт).

Для спроектированного УМ разработана печатная плата в программе P-CAD 2006.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

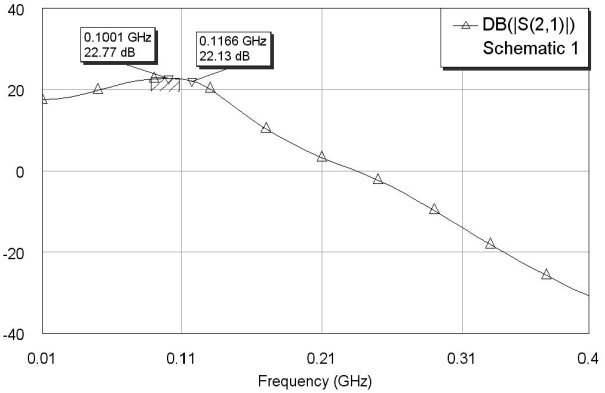



Рис. 3. Зависимость коэффициента передачи от частоты

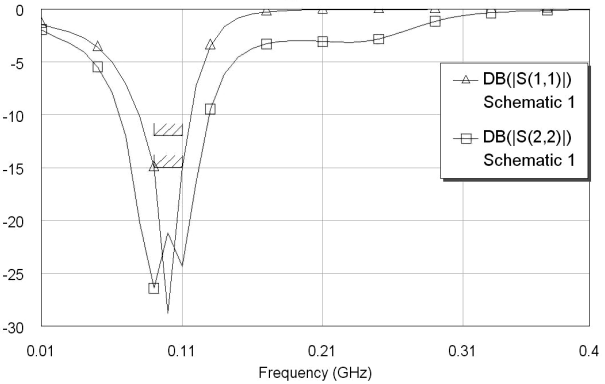



Рис. 4. Зависимость коэффициентов отражения от входа/выхода от частоты

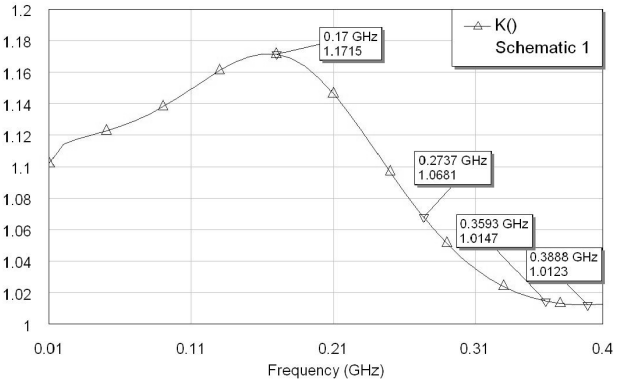



Рис. 5. Зависимость коэффициента устойчивости от частоты



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Уткин Г.М. Проектирование радиопередающих устройств СВЧ. М.: Советское радио, 1979.
2. www.infineon.com.

## СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТ 1–2 ГГц

***Л.С. Никифорова, студентка 4-го курса РТФ, каф. СРС;***
***А.Г. Давлятчин, инженер НПФ «Микран»***
*г. Томск, ТУСУР, <luda_n88@list.ru>*

Ниже описывается структура синтезатора СЧ 1–2 ГГц и его основные характеристики. Этот синтезатор применяется в ряде отечественных измерительных приборов.

Синтезатор частот формирует гармонический сигнал в диапазоне частот 1–2 ГГц и 10–125 МГц с шагом перестройки 1 Гц, а также опорный сигнал 10 МГц. Имеет возможность синхронизации от внешнего опорного генератора (рис.).

Блок СЧ состоит из двух частей:

1) платы синтезатора частоты (СЧ);
2) платы управления (ПУ).

Плата СЧ состоит из следующих функциональных блоков:

1) блок делителя частоты на два (блок ½);
2) блок опорного генератора (БОГ);
3) блок СЧ 400 МГц
4) блок цифрового вычислительного синтезатора (ЦВС или DDS);
5) блок синтезатора крупного шага (СКШ);
6) блок синтезатора общей петли (СОП);
7) блок выходных фильтров (БВФ);
8) блок АЦП.

Блок ОГ выполняет четыре основные функции:

− формирует высокостабильный сигнал опорной частоты 20 МГц;
− распределяет опорный сигнал между другими блоками СЧ;
− осуществляет точную подстройку частоты опорного генератора (а следовательно, и всего СЧ) с помощью ЦАП (AD5520);
− синхронизует СЧ относительно внешнего опорного сигнала.

Блок СКШ формирует сигнал (1045…2045 МГц), необходимый для формирования ПЧ, путём переноса частоты СОП в область низких частот. Частота ПЧ равна частоте ЦВС (42,5…47,5 МГц). Шаг перестройки СКШ 5 МГц, в качестве фазового детектора применена микросхема дробного синтезатора ADF4153BRU.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

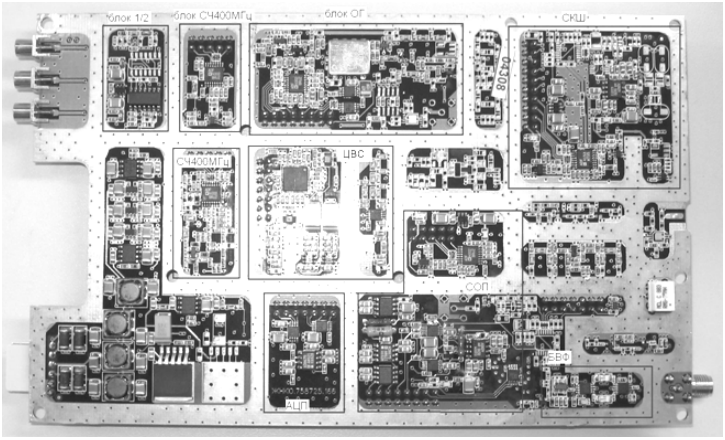


Рис. 1. Расположение основных блоков на плате СЧ

Блок СОП формирует выходной сигнал синтезатора в диапазоне 1–2 ГГц. В СОП происходит сравнение фазы и частоты сигнала ПЧ с фазой сигнала ЦВС. В качестве фазового детектора использована микросхема целочисленного синтезатора ADF4002BRU. В СОПе находится ЦАП AD5543. С его помощью осуществляется предустановка СОП на заданную частоту.

Блок СЧ 400 МГц выполнен по схеме с одной петлёй ФАПЧ. В качестве синтезатора использована микросхема ADF4002BRU, а в качестве ГУН (генератор, управляемый напряжением) – транзистор AT41511. Сигнал 400 МГц является опорным сигналом для блока ЦВС.

Блок ЦВС формирует сигнал в диапазоне ПЧ (42,5…47,5 МГц). Обеспечивает мелкий шаг перестройки частоты 1 Гц.

Блок АЦП:

− устраняет нелинейность регулировочной характеристики ГУНа в СОПе;

− устраняет температурную нестабильность ГУНа в СОПе;

− обеспечивает точность предуставновки частоты с помощью ЦАП AD5543.

Блок делителя частоты на 2. Синтезатор имеет выход опорного гармонического сигнала 10 МГц, который формируется непосредственным делением частоты внутреннего ОГ на 2 и фильтрацией высших гармоник. Делитель выполнен на основе микросхемы 74AC74.

Блок выходных фильтров состоит из двух переключателей HMC439 и двух фильтров LFCN. Назначение блока:

− фильтрация второй и высших гармоник выходного сигнала 1–2 ГГц;



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

− отключение выходной мощности.

Основные характеристики СЧ 1–2 ГГц:

– уровень мощности на выходе СЧ (1–2 ГГц) – 5...7 дБм;

− уровень мощности на выходе СЧ (10 МГц) относительно несущей –2...0 дБ;

− уровень мощности на выходе СЧ (124 МГц) относительно несущей – –12...–10 дБ;

− точность установки частоты при первом включении; 2050±10 МГц;

− время перестройки частоты в диапазоне от 1 до 2 ГГц 200 мкс;

– фазовый шум:

- на частоте 1 ГГц относительно несущей ( при отстройке на 10 кГц в полосе частот 1 Гц) не более –95 дБ;
- на частоте 2 ГГц – (при отстройке на 100 кГц в полосе частот 1 Гц), не более –110 дБ.

## ТРЕХКАНАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ ПРИЕМНОЙ СИСТЕМЫ РАДИОЛОКАТОРА*

***М.С. Очередько, студент 5-го курса РТФ, каф. СРС;***
***А.В. Кондратенко, инженер***
*г. Томск, ТУСУР, ЗАО «НПФ «Микран», mrc@main.tusur.ru*

Усилительные устройства являются неотъемлемой составной частью любой радиолокационной системы и во многом определяют ее качественные показатели. При этом с возрастанием сложности систем требования к электрическим, эксплуатационным и массогабаритным параметрам усилительных устройств постоянно ужесточаются. В статье представлены результаты разработки трехканального усилителя промежуточной частоты (УПЧ), входящего в состав приемной системы радиолокатора.

Усилитель представляет собой отдельный модуль в герметичном исполнении, выполняющий следующие функции: усиление сигнала промежуточной частоты 2,7–3,7 ГГц, поступающего на вход с конвертера СВЧ; деление усиленного сигнала на три выхода; режекцию внеполосных сигналов; формирование контрольного сигнала уровня входной мощности.

* Выполнено в рамках проекта ГПО СРС-0802 – Разработка радиочастотного тракта приемопередающих модулей ВЧ и СВЧ.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Функциональная схема усилителя представлена на рис. 1.

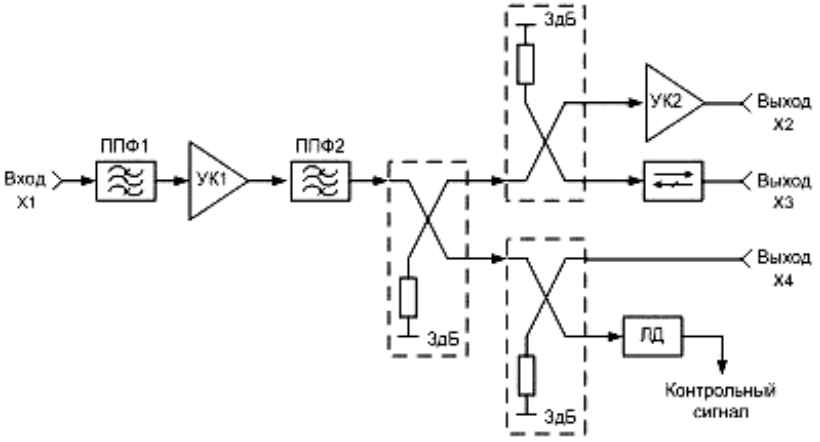



Рис. 1. Функциональная схема усилителя

Для обеспечения требуемого усиления в каждом канале схема включает в себя два усилительных каскада УК1 и УК2. Деление на три канала, а также ответвление мощности для формирования контрольного сигнала осуществляются с помощью гибридных 3 дБ направленных ответвителей. Формирование контрольного сигнала уровня входной мощности осуществляется при помощи логарифмического детектора ЛД.

Частотная селекция осуществляется гребенчатыми ППФ девятого порядка на основе объемных резонаторов. К достоинствам данного типа фильтров можно отнести высокую температурную стабильность электрических характеристик, малые потери в полосе пропускания, а также простоту настройки. Применение квадратного сечения резонаторов, в отличие от классического круглого, позволяет упростить операцию изготовления, что приводит к удешевлению устройства [1, 2]. Для снижения потерь корпус и крышки фильтров были покрыты серебром.

Применение ферритового вентиля на выходе канала «X3» диктуется необходимостью уменьшения влияния сигнала гетеродина, который находится в следующем модуле, на два оставшихся канала.

На рис. 2 представлены экспериментальные частотные зависимости коэффициентов передачи (КП) для трех каналов и коэффициента отражения (КО) от входа.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

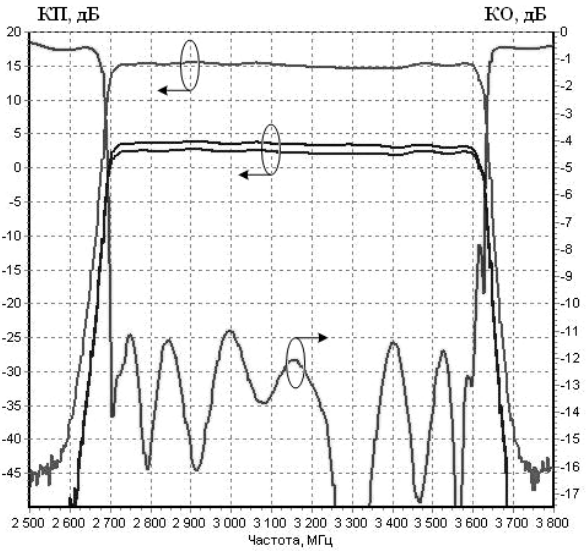



Рис. 2. Частотные зависимости КП и КО

Основные электрические параметры УПЧ представлены в таблице.

**Электрические параметры УПЧ**

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Диапазон рабочих частот, ГГц | 2,7…3,7 |
| Коэффициент усиления с входа «X1» по выходам «X2» / «X3» / «X4», дБ, не менее | 14 / 3 / 1 |
| Неравномерность АЧХ с входа «X1» по выходам, дБ, не более | 2 |
| Ослабление сигнала при отстройке на 100 МГц от границ рабочей полосы, дБ, не менее | 40 |
| Развязка между выходами «X2» и «X3», «X3» и «X4», «X2» и «X4», дБ, не менее | 20 |
| КСВН входа, раз, не более | 1,8 |
| КСВН выходов, раз, не более | 1,4 |
| Изменение напряжения контрольного сигнала при изменении уровня входной мощности на 10 дБ, В | 0,25 |
| Ток, потребления от источника питания +12 В, А | 0,24 |

Разработанный усилитель предназначен для работы в составе приемной системы радиолокатора. Данное устройство является узкоспециализированным и, скорее всего, не может быть применено в других системах. Полученный же опыт окажется полезным при разработке усилительных устройств для других приложений.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Кондратенко А.В., Шевляков М.Л. Проектирование полосно-пропускающих фильтров на основе фазовой характеристики коэффициента отражения // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии› (КрыМиКо'2006): 16-я Междунар. Крымская конф. Севастополь, 11–15 сентября 2006 г.: В 2 т. Севастополь: Вебер, 2006. Т. 2. С. 513–514.

2. Шевляков М.Л., Кондратенко А.В. Опыт разработки полосно-пропускающих фильтров для аппаратуры СВЧ. Ч. 2 // Электронные средства и системы управления. Опыт инновационного развития: Докл. Междунар. науч.-практ. конф. (31 окт. – 3 нояб. 2007 г.). Томск: В-Спектр, 2007. В 2 ч. Ч. 1. С. 185–188.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ФИЛЬТРОВ НИЖНИХ ЧАСТОТ С ШИРОКОЙ ПОЛОСОЙ ЗАГРАЖДЕНИЯ

***М.С. Очередько, студентка 5-го курса РТФ;***
***А.В. Кондратенко, инженер***
*г. Томск, ТУСУР, ЗАО «НПФ «Микран», mrc@main.tusur.ru*

Для реализации широких полос заграждения и высокой прямоугольности фильтры нижних частот (ФНЧ) в печатном исполнении, как правило, синтезируются на основе прототипа, представляющего собой ФНЧ с обобщенной чебышевской характеристикой затухания. Эквивалентная схема прототипа представлена на рис. 1.

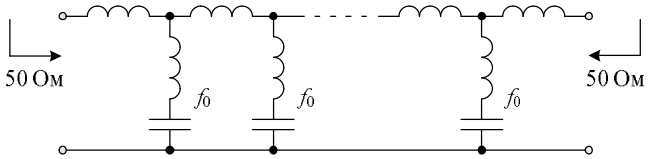



Рис. 1. Эквивалентная схема прототипа с обобщенной чебышевской характеристикой затухания

Характеристика затухания фильтра порядка $N$ ($N$ – нечетное) имеет осцилляции с равной амплитудой в полосе пропускания, а также один полюс в бесконечности и $N$–1 полюсов на конечной частоте $f_0$. Благодаря такой ориентации полюсов данный прототип имеет практически такую же избирательность, как эллиптический ФНЧ [1].

В ряде случаев при реализации ФНЧ на основе прототипа, схема которого представлена на рис. 1, могут возникнуть сложность при пространственном разнесении элементов топологии или при сворачивании топологии для размещения входа и выхода фильтра в требуемых



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

местах на печатной плате. В таких случаях целесообразен переход к другому прототипу, образованному каскадным соединением полузвеньев типа «k» и типа «m», эквивалентные схемы которых представлены на рис. 2.

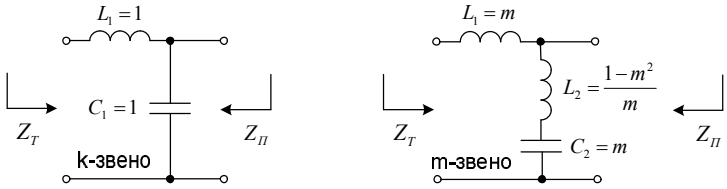



Рис. 2. Эквивалентные схемы полузвеньев типа «k» и типа «m»

Звенья следует выбирать таким образом, чтобы согласовать характеристические сопротивления в каждом соединении. С учетом этого условия характеристические сопротивления со стороны входа и выхода будут равны характеристическим сопротивлениям крайних звеньев.

Фильтр будет иметь номинальную характеристику затухания только в том случае, если нагрузки по входу и выходу будут точно равняться характеристическим сопротивлениям. Однако на практике в качестве нагрузок применяются, как правило, активные сопротивления, поэтому характеристика затухания будет значительно отличаться вследствие отражений на обоих концах фильтра. Чтобы уменьшить величину отражений, на входе и выходе фильтра включают полузвенья типа «m» с сопротивлением, близким к активному сопротивлению нагрузки. При m=0,6 такие характеристические сопротивления относительно постоянны в полосе пропускания, и, следовательно, можно значительно уменьшить отражение [2].

Эквивалентная схема прототипа представлена на рис. 3.

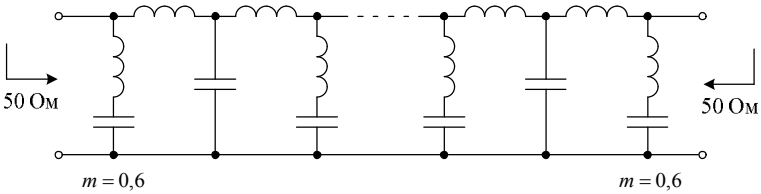



Рис. 3. Эквивалентная схема прототипа на основе каскадного соединения звеньев типа «k» и типа «m»

В качестве примера на рис. 4 представлены частотные зависимости коэффициентов передачи для прототипов 9-го порядка с частотой среза 4 ГГц. В области малых отстроек от частоты среза фильтры имеют практически идентичные характеристики затухания. Выше по



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

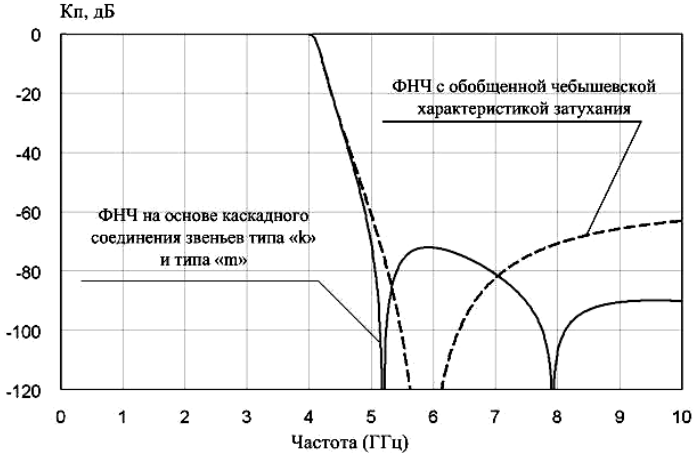



Рис. 4. Частотные зависимости коэффициентов передачи

частоте характеристики существенно различаются, поэтому при выборе прототипа обязательно следует учитывать требования по подавлению на дальних отстройках.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Mobbs C.I. A generalized Chebyshev suspended substrate stripline bandpass filter / C.I. Mobbs, J.D. Rhodes // IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 1983, May. Vol. MTT-31. P. 397–402.

2. Маттей Г.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. Т. 1: Пер. с англ. / Под общей ред. Л.В. Алексеева и Ф.В. Куницына. М.: Связь, 1971.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ БОРТОВОЙ ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

***В.С. Ожогин, аспирант каф. РТС***

*г. Железногорск, Красноярского края, ОАО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнева, walek@sibmail.com*

Для многих космических аппаратов (КА) в настоящее время актуальна проблема наличия высокостабильной бортовой шкалы времени (БШВ). Традиционно для обеспечения высокой стабильности БШВ используются бортовые синхронизирующие устройства, построенные



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

на базе цезиевых или водородных атомных стандартов частоты, которые имеют суточную нестабильность частоты порядка $10^{-13}…10^{-14}$. Для поддержания столь высокой стабильности создаются сложные бортовые аппаратурные комплексы, обеспечивающие функционирование атомного стандарта в условиях постоянной температуры, минимального влияния внешних и внутренних электромагнитных полей, исключения вибраций, что приводит к увеличению массогабаритных параметров КА и его стоимости. При этом для обеспечения синхронизации БШВ с наземными опорными шкалами требуется проводить от одного до нескольких сеансов сверки и коррекции в сутки с использованием специального контура синхронизации на борту и специальных наземных средств.

Система ГЛОНАСС является источником точного времени, и ее применение для синхронизации бортовых шкал времени и получения сигналов высокостабильной частоты позволит отказаться от использования сложных и дорогих бортовых атомных стандартов частоты, разгрузить и упростить наземный контур управления, а также обеспечить возможность длительного автономного функционирования КА на геостационарных (ГСО) и высокоэллиптических орбитах (ВЭО) в условиях, когда КА долгое время могут находиться вне зоны видимости наземных комплексов и когда не представляется возможным обеспечение синхронизации БШВ традиционным способом.

В настоящей статье рассматриваются результаты разработки и исследования метода, позволяющего использовать в качестве высокостабильной БШВ КА внутреннюю шкалу времени бортовой аппаратуры радионавигации (БА АРН), в которой применяются относительно недорогие и малогабаритные прецизионные термостатированные кварцевые генераторы с возможностью подстройки частоты.

ШВ АРН формируется из гармонического сигнала 10 МГц от кварцевого генератора, относительная суточная нестабильность частоты которого составляет $5\cdot10^{-10}$, а кратковременная секундная нестабильность на уровне $2\cdot10^{-12}$. Данный тип генератора обеспечивает относительное отклонение действительного значения частоты на уровне $10^{-8}…10^{-7}$ и без дополнительных систем сверки и синхронизации не пригоден для использования в качестве источника высокостабильной БШВ.

Для обеспечения высокой стабильности был разработан метод подстройки частоты опорного генератора АРН и синхронизации ее ШВ с системной шкалой времени ГЛОНАСС на основе измерений навигационных параметров (псевдодальности и псевдоскорости) по сигналам навигационных космических аппаратов (НКА) ГЛОНАСС/GPS при помощи АРН.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В разработанном алгоритме учитываются исходные данные, которые можно получить при помощи АРН, а именно:

− измеренные значения псевдодальности PD и псевдодоплеровского смещения частоты (ДСЧ) FD;

− векторы кинематических параметров (ВКП) КА и НКА;

− цифровая информация, извлеченная из эфемерид и альманахов НКА и содержащая поправки ШВ НКА к ШВ систем ГЛОНАСС, GPS.

Путем ряда математических операций из исходных данных получаются выражения для величин отклонения времени ШВ АРН от системной шкалы времени ГЛОНАСС и относительного отклонения частоты опорного генератора по измерениям от *i*-го НКА:

$$dt(i)=\tau_{\text{НКА}}(i)+\frac{r(i)-PD(i)}{c},\ d\gamma(i)=\gamma_{\text{НКА}}(i)-\frac{FD(i)}{F_{\text{LIT}}(i)}-\left(1+\gamma_{\text{НКА}}(i)\right)\frac{V(i)}{c},$$

где дальность $r$ и скорость $V$ рассчитываются по векторам кинематических параметров; литерная частота $F_{\text{LIT}}$, временная $\tau_{\text{НКА}}$ и частотная $\gamma_{\text{НКА}}$ поправки извлекаются из альманахов НКА.

Так как имеет место наличие погрешностей в исходных данных, рассчитанные по вышеописанным формулам величины подвергаются отбраковке для исключения аномальных измерений, усредняются по всем НКА и оцениваются путем линейной фильтрации Калмана. Полученные оценки отклонения времени и относительного отклонения частоты используются для формирования управляющего воздействия, которое, изменяя частоту опорного генератора, сводит отклонение ШВ АРН от системной шкалы времени ГЛОНАСС к минимально возможному. Обобщенная схема контура управления частотой и временем представлена на рис. 1.

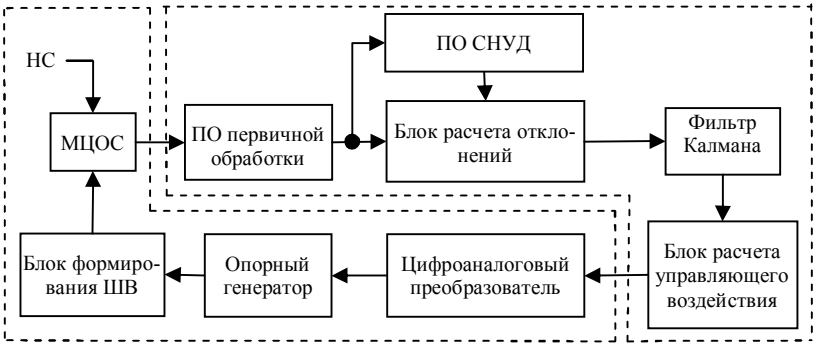



Рис. 1. Схема контура управления частотой и временем: МЦОС – модуль цифровой обработки сигнала; НС – навигационный сигнал; ПО – программное обеспечение; СНУД – система навигации и управления движением



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Для подтверждения реализуемости алгоритма синхронизации, определения ошибки синхронизации по времени и по нестабильности частоты генератора было проведено компьютерное моделирование для варианта опорного генератора с кратковременной нестабильностью частоты $2 \cdot 10^{-12}$ за 1 с и долговременной – $5 \cdot 10^{-10}$ за сутки.

В результате моделирования СКО отклонения времени составило 50 нс, нестабильность частоты за час (сутки, год) не хуже $5 \cdot 10^{-11}$ при условии постоянного наличия измерений аппаратурой радионавигации. При условиях разрывного навигационного поля (наличие перерывов в измерениях длительностью до 2 ч с интервалом повторения не менее 6 часов), характерных для КА находящихся на ГСО и ВЭО, достижимое СКО отклонения времени на сутках составляет порядка 500 нс при нестабильности частоты за сутки (год) не более $10^{-10}$. Нестабильность частоты за 1 сек в обоих случаях не превышает значения $3 \cdot 10^{-12}$. При использовании рассмотренного метода синхронизации, на нестабильность частоты генератора в меньшей степени будет оказывать влияние смена температурных режимов, флуктуация напряжения питания и смещение рабочей точки, вызванное старением элементов генератора. Разработанный метод и алгоритм внедряется в БА АРН для одного из КА разрабатываемых ОАО «ИСС» в настоящее время.

## СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО УЧЕБНОГО МАКЕТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ УПОС

***А.В. Рудиков, К.М. Резвов, студенты 5-го курса***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ*

Цель – создание лабораторного учебного макета по дисциплине УПОС. Одной из задач является создание виртуального прибора осуществляющего частотный анализ цепей или устройств. Рассмотрим работу ВП (виртуального прибора), осуществляющего построение амплитудно-частотной характеристики. Для этого нужно взять отношение выходного сигнала исследуемой схемы к входному при изменении частоты. Сбор интересующих нас данных, проводится с помощью цифрового осциллографа GDS-810c и цифрового генератора ГСС-80 (рис. 1). Управление этими приборами осуществляется с помощью их виртуальных аналогов, созданных в программе LabView.

Vibor signal – выбирается форма сигнала (синусоидальное, пилообразные и т.д.). С помощью опций F1 и F2 выставляется диапазон частот, в пределах которых измеряется АЧХ. F1 – начальное значение отсчёта частоты, а F2 – конечное. Amplitude – выставляется значение



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

амплитуды сигнала. shag – выбирается количество отсчетов, по которым будет строиться наша характеристика. Array1 и Array2 – массивы, в которые заполняются значения амплитуды и частоты, которые мы получаем с генератора и осциллографа. По данным с этих массивов строится характеристика в XYGraph.

Для коммуникации с GSS и GDS используется VISA, представляющая собой стандартные API-функции ввода-вывода для программирования измерительной аппаратуры.

Выставляемые значения с панели управления поступают на блок, формирующий из них команду, понятную осциллографу.

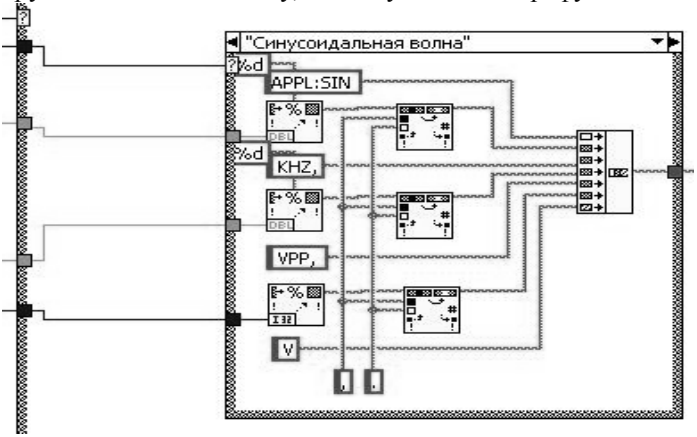
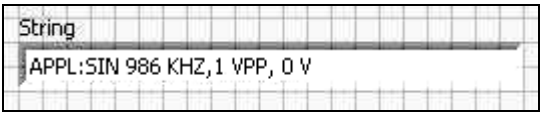
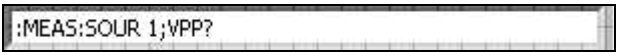



Рис. 1. Блок формирования команды ГСС-80

Эта команда несет информацию о частоте, амплитуде и типе сигнала:



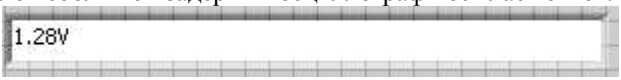

Так как наша цель – построить зависимость амплитуды от частоты, необходимо снимать показания амплитуды выходного сигнала при изменении частоты входного в пределах заданного диапазона. Для этого диапазон частот разбивается на определенное количество отсчетов. На генератор с задержкой поступают команды, изменяющие частоту входного сигнала. Для этого используется цикл ***for loop.*** При изменении частоты данный ВП посылает на осциллограф команду, опрашивающую значение амплитуды сигнала в данный момент времени:






Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

После небольшой задержки осциллограф посылает ответ:




Полученное значение преобразуется в вид, пригодный для арифметических операций, и делится на значение напряжения входного сигнала. Это отношение записывается в массив.

По данным из массива строится АЧХ (рис. 2):

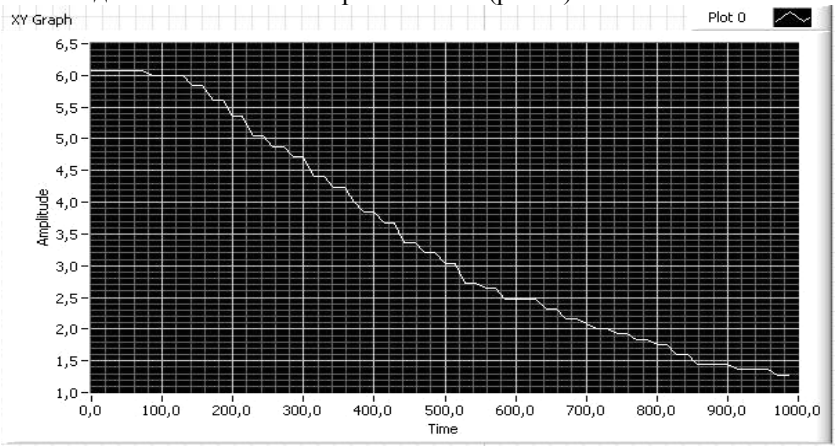



Рис. 2. АЧХ, построенная ВП в Labview

По аналогичной схеме строится ВП, осуществляющий построение фазочастотной характеристики.

## МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ ДИАПАЗОНА 2–4 ГГЦ*

***Ф.Б. Саламчев, студент 4-го курса РТФ;***
***А.В. Кондратенко, ЗАО НПФ «Микран»; Г.Н. Якушевич, доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. СРС, <mrc@main.tusur.ru>*

Малошумящий усилитель разработан по двухкаскадной схеме. Первый каскад построен на основе широкополосного усилителя с параллельной обратной связью (ОС) и транзистора ATF-54143 с фазирующе-трансформирующей цепью (ФТЦ) на входе и фазирующей цепью (ФЦ) на выходе, которые приближают *S*-параметры транзистора к

* Выполнено в рамках проекта ГПО СРС-0802 – Разработка радиочастотного тракта приемопередающих модулей ВЧ и СВЧ.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

требуемым S-параметрам активного четырехполюсника для двухполюсника параллельной ОС [1]. Второй каскад построен на основе усилителя SBB-4089 и введен для достижения требуемого значения коэффициента усиления.

На рис. 1 приведена принципиальная схема малошумящего усилителя.

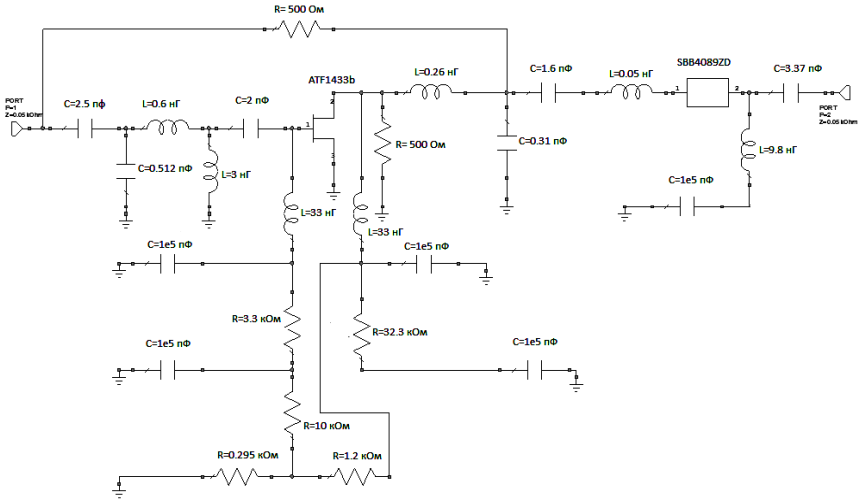



Рис. 1. Принципиальная схема усилителя

ФТЦ на входе повышает низкоомное входное сопротивление транзистора и вместе с корректирующим конденсатором, включенным последовательно на входе ФТЦ и компенсирующим индуктивность входного сопротивления широкополосного усилителя, обеспечивает требуемый коэффициент отражения по входу.

ФЦ на выходе вместе с корректирующим конденсатором и ФТЦ на входе обеспечивает требуемое значение фазы прямого коэффициента передачи транзистора для двухполюсника параллельной ОС.

Резистор в цепи коллектора повышает устойчивость МШУ. Режим по постоянному току обеспечивают резисторы в цепях истока и стока каждого из транзисторов. Усилитель абсолютно устойчив во всем диапазоне частот.

На рис. 2 представлены характеристики МШУ в диапазоне частот 0–12 ГГц.

Рассчитанный малошумящий усилитель в диапазоне частот 2–4 ГГц обладает следующими характеристиками: коэффициент усиления 29 дБ, неравномерность усиления не более ±1 дБ, коэффициент шума не более 1,2 дБ, модули входного и выходного коэффициентов



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

отражения не хуже минус 12 дБ. Усилитель устойчив в диапазоне частот 0–12 ГГц.

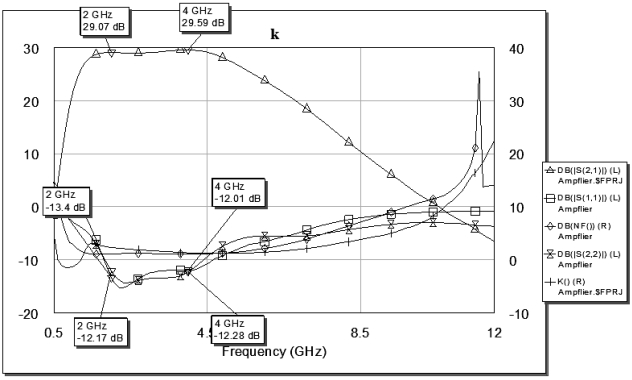



Рис. 2. Частотные характеристики усилителя

Следующие этапы проектирования МШУ будут включать введение полосковых элементов для оптимизации электрических параметров, разработку топологии.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Якушевич Г.Н. Математическая модель активного четырехполюсника для широкополосного СВЧ-усилителя с двухполюсником параллельной обратной связи // Доклады ТУСУРа (Томск). 2009. Вып. 2(20). С. 32–37.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ДИКТОРОНЕЗАВИСИМОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

***М.А. Рытиков, аспирант; Е.Е. Широков, магистр***

*г. Москва, Московский технический университет связи и информатики, каф. РТС, o_v_ch@mail.ru*

В последние годы одной из актуальных является проблема построения дикторонезависимых систем распознавания изолированных слов и слитной речи, работающих в реальном масштабе времени. Для ее решения в практических приложениях наиболее популярными являются подходы, основанные на использовании скрытых марковских моделей и нейронных сетей [1].

В настоящей работе рассмотрена задача синтеза диктронезависимого алгоритма распознавания изолированных слов однослойной ней-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ронной сетью. Исследованы возможности параметрического описания речевого сигнала с помощью вейвлет-преобразования [2], обладающего по сравнению традиционным преобразованием Фурье рядом преимуществ при обработке речевых сигналов. Действительно, применение вейвлетов позволяет получить не только спектральный состав анализируемого сигнала, но время появления соответствующих частот. Как известно, временная локализация будет иметь разрешение, зависящее от уровня преобразования, на котором появляется частота. Таким образом, в области наиболее информативных (для речевых сигналов) высоких частот их временная локализация будет более точной вследствие большего количества отсчетов. На низких частотах, напротив, число отсчетов будет невелико (временное разрешение будет низким), однако частотное разрешение остается достаточно высоким, поскольку речевой сигнал занимает относительно узкую полосу частот. Построив трехмерный график в координатных осях время–частота-амплитуда, можно оценить, какие сигнальные частоты присутствуют в какой интервал времени и с какой интенсивностью. Другими словами, вейвлет-преобразование речевого сигнала можно интерпретировать как зрительный образ сигнала, подлежащий распознаванию. Размер этого образа по одной оси соответствует длительности наблюдаемой реализации, а по другой – частотному интервалу вейвлет-преобразования.

При разработке системы распознавания была создана база голосовых команд (100 слов), которые использовались в качестве объектов распознавания. Полагалось, что длительность обрабатываемого временного интервала (ввода слова) не превышает 2 с. Начало и конец каждого слова определялись на основе энергетического метода [3] с уточнением по величине числа переходов анализируемой реализации через нуль. Слова, произносимые диктором, записывались на микрофон (сравнительно невысокого качества) при частоте дискретизации 8000 Гц и разрешении 16 бит, после чего производилась компьютерная обработка данных. Перед записью каждого слова производилась запись стационарного (без всплесков) шума. Получаемые отсчеты вейвлет-преобразования распознаваемых слов подавались на вход нейросети. Обучение нейросети осуществлялось при помощи алгоритма с учителем, при котором заранее известен отклик сети на каждый конкретный входной сигнал. В процессе обучения каждое слово надиктовывалось одинаковое количество раз как для входного, так и для выходного (проверяющего) сигналов. При правильном обучении сети выходной сигнал будет соответствовать номеру распознаваемой команды.

Предложенная система распознавания изолированных слов была реализована программно с помощью языка высокого уровня С и аппа-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ратно на базе цифрового сигнального процессора TMS320C6416T. В ходе ее тестирования было установлено, что точность правильного распознавания для различных дикторов составляет не менее 98 %.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Rabiner L.R., Juang B.H. Fundamentals of Speech Recognition. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 2nd edition, 1999. 496 p.

2. Терехов С.А. Вейвлеты и нейронные сети. Лекция для школы-семинара «Современные проблемы нейроинформатики». М.: МИФИ, 2001.

3. Чернояров О.В., Черноярова Е.В., Максимов. Д.А. Алгоритм распознавания изолированных слов с настройкой на диктора // Радиолокация, навигация, связь: Матер. X Междунар. науч.-техн. конф. Т. 2. Воронеж: ВНИИС, 2004. С. 894–911.

## ГЕНЕРАТОР МОЩНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ НА ИК-ДИОДАХ

***К.Н. Штырхунов, студент 5-го курса; Б.И. Авдоченко, к.т.н.***

*г. Томск, ТУСУР, AvdochenkoBI@rzi.tusur.ru.*

В настоящее время мощные оптические генераторы импульсов находят широкое применение в науке и технике. Успешно развиваются оптические системы связи, оптические локационные системы, активно-импульсные системы телевидения, системы экологического контроля атмосферы, охранные и многие другие системы [1–3]. Всё возрастающие требования предъявляются характеристикам оптических генераторов, в значительной степени определяющих параметры этих систем. Это вызывает необходимость проведения исследований, целью и задачами которых являются усовершенствование оптических излучателей и источников накачки этих излучателей.

Структурная схема генератора импульсов накачки приведена на рис. 1.

В состав генератора импульсов тока накачки входят следующие устройства:

1. Генератор последовательности импульсов. Вырабатывает импульсы с регулируемой частотой 0,1…10 кГц.

2. Электронная линия задержки. Предназначена для задержки выходного импульса относительно синхроимпульса для компенсации «мертвого» времени осциллографа.

3. Формирователь длительности импульса. Предназначен для управления длительностью импульса, вырабатываемого драйвером.

4. Импульсный коммутатор. Вырабатывает импульсы тока для накачки светодиодов.

5. Схема восстановления постоянной составляющей.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Рис. 1. Структурная схема генератора импульсов накачки

Предусмотрены четыре внешних регулировки параметров импульсов: регулировка частоты следования импульсов, управление задержкой импульса синхронизации, регулировка длительности вырабатываемого импульса, регулировка амплитуды импульса накачки. Производится контроль формы импульса тока через нагрузку – оптический излучатель.

Технические характеристики генератора импульсов накачки:

− время нарастания и спада выходных импульсов 10–15 нс;

− длительность формируемых импульсов 50 нс – 50 мкс;

− выходной ток до 300А на нагрузке 0,2 Ом;

− амплитуда выходного напряжения на нагрузке 5 Ом не менее 70 В;

− полярность выходного сигнала отрицательная;

− длительность переднего фронта не более 50 нс, длительность заднего фронта не более 70 нс;

− напряжение источников питания: +12 В, +70 В;

− потребляемый ток: не более 50 мА от источника 12 В, от источника 70 В определяется скважностью и амплитудой выходного тока;

− габариты устройства 125×80×40 мм.

Разработанная принципиальная схема генератора приведена на рис. 2.

В соответствии с разработанной электрической принципиальной схемой усилителя разработана его печатная плата (рис. 3) под планарный монтаж.

Разработанный генератор может использоваться в качестве базового блока в различных разработках:



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

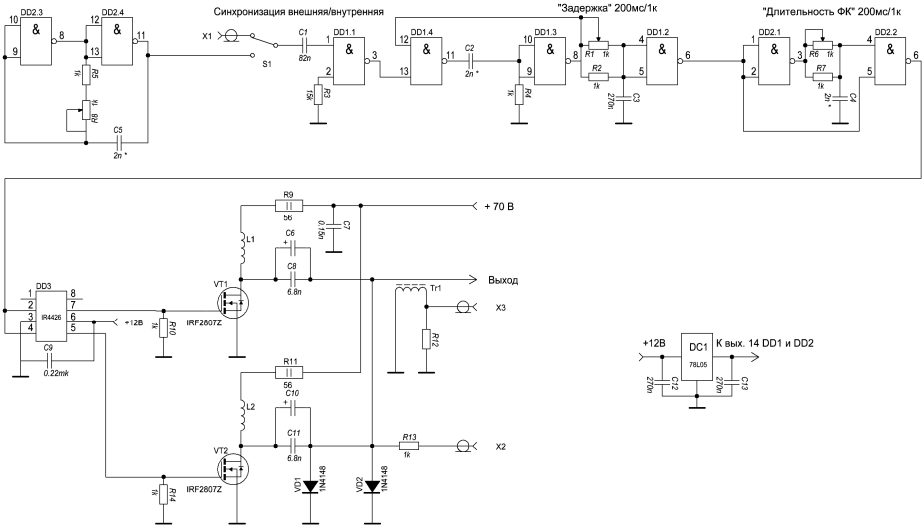



Рис. 2. Принципиальная схема генератора

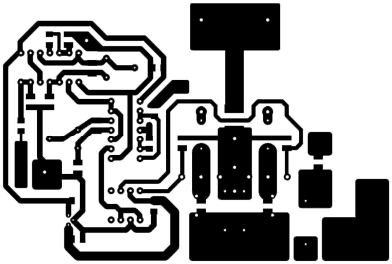


Рис. 3. Печатная плата генератора

− локационных систем с наносекундным разрешением во времени;

− в различных метрологических установках, приборах экологического контроля атмосферы, водных и лесных массивов;

− всепогодных радиолокаторов, в том числе для средств передвижения для измерения параметров движения, обнаружения препятствий;

− различных охранных устройств, неконтактных датчиков и т.д.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хадсон Р. Инфракрасные системы: Пер. с англ. М.: Мир, 1972. 534 с.

2. Карасик В.Е., Орлов В.М. Лазерные системы видения: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 353 с.

3. Гейхман И.Л., Волков В.Г. Основы улучшения видимости в сложных условиях. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. 286 с.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННЫХ НАГРУЗОК ДЛЯ КОАКСИАЛЬНЫХ ТРАКТОВ*

***Ф.А. Михеев и В.В. Щуров, студенты 4-го курса РТФ;***
***А.В. Фатеев, аспирант каф. СВЧ и КР***
*г. Томск, ТУСУР*

Согласованная нагрузка – устройство, предназначенное для создания в линии передачи режима бегущих волн.

Нагрузки применяют как самостоятельные функциональные устройства, например, в качестве мер волнового сопротивления линии, комплексного коэффициента отражения и как составные элементы других функциональных устройств – направленных ответвителей, измерительных мостов, сумматоров мощности, фильтров и т.п.

Основным электрическим параметром, характеризующим свойства согласованной нагрузки, является коэффициент отражения Г на её входе. Кроме коэффициента отражения дополнительно задают допустимый уровень мощности рассеяния, габаритные размеры и массу. Для характеристики свойств согласованной нагрузки, наряду с коэффициентом отражения, используют коэффициент стоячей волны $K_{\text{ст}U} = (1 + |\Gamma|)/(1 - |\Gamma|)$.

Нагрузочные устройства можно разделить на три основных типа: объемные, поверхностные и комбинированные. В широкополосной измерительной технике СВЧ-диапазона широкое распространение получили поверхностные нагрузки благодаря относительной простоте их изготовления, небольшим габаритам и массе.

Одноступенчатая поверхностная нагрузка является простейшим вариантом нагрузки и представляет собой отрезок однородной линии передачи с потерями (рис. 1). Одноступенчатые нагрузки просты в изготовлении и отладке, но обеспечивают хорошее согласование только при малых размерах резистора. Значение $K_{\text{ст}U} \leq 1{,}1$ в коаксиальных нагрузках на основе существующих типов СВЧ-резисторов достигается в диапазоне частот до 4 ГГц. Увеличение верхней рабочей частоты может быть достигнуто за счёт ступенчатого распределения электродинамических параметров по длине линии передачи.

В результате экспериментального подбора параметров ступени и параметров резистивного слоя была получена модель одноступенчатой нагрузки для коаксиального тракта сечением 7/3,04, характеристика которой изображена на рис. 2.

* Работа выполнена в рамках проекта ГПО СВЧ и КР-0802 – Сверхширокополосные пассивные устройства СВЧ-диапазона.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Помимо одноступенчатых нагрузок, существует три класса многоступенчатых нагрузок. Многоступенчатая нагрузка класса I (рис. 3) проста в изготовлении, в отличие от нагрузки класса II и нагрузки с обобщенной структурой.

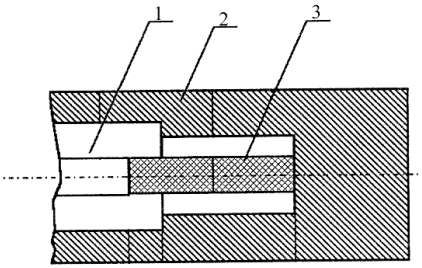



Рис. 1. Одноступенчатая поверхностная нагрузка: *1* – подводящий коаксиальный тракт; *2* – экран; *3* – СВЧ-резистор

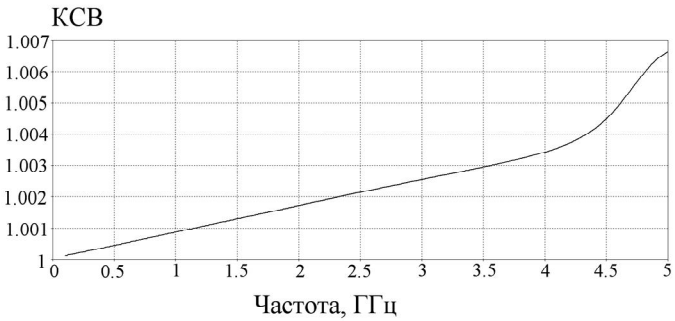
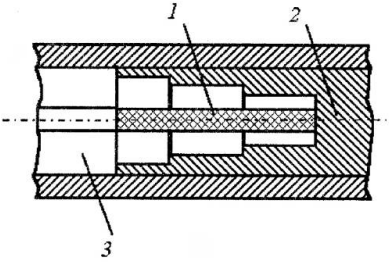



Рис. 2. Зависимость КСВ от частоты одноступенчатой нагрузки для коаксиального тракта сечением 7/3,04

Рис. 3. Многоступенчатая нагрузка класса I: *1* – СВЧ-резистор; *2* – экран; *3* – подводящий коаксиальный тракт




В результате экспериментального подбора параметров ступени и параметров резистивного слоя была получена модель многоступенчатой нагрузки для коаксиального тракта сечением 2,4/1,042, характеристика которой изображена на рис. 4.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

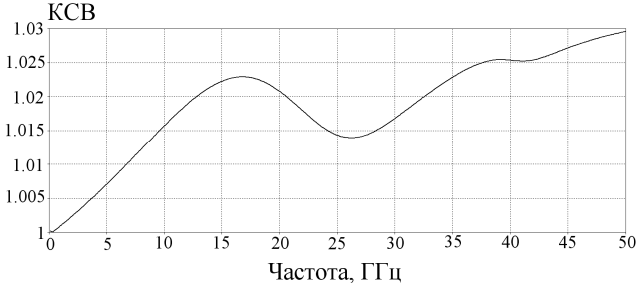



Рис. 4. Зависимость КСВ от частоты для многоступенчатой нагрузки для коаксиального тракта сечением 2,4/1,042

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Сверхширокополосные микроволновые устройства / Под ред. А.П. Креницкого и В.П. Мещанова. М.: Радио и связь, 2001. 560 с.

## СОВМЕСТНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И ВАРИАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

***Л.В. Тимофеев, студент, каф. РТИТ***

*г. Якутск, ЯГУ, Физико-технический институт,*

*Bananasheaven@yandex.ru*

Использовался доработанный нами электростатический флюксметр EZ НМЛС 411124000 производства НИРФИ. Доработка состояла в замене микросхем на микросхемы с автоматической установкой нуля для уменьшения наблюдавшегося дрейфа. Проведена калибровка флюксметра в искусственном поле.

Для выявления предполагаемой теорией корреляции между электрическим полем и интенсивностью КЛ [1] проведено сравнение данных вариаций электрического поля с данными якутского спектрографа космических лучей (КЛ) (нейтронного монитора и мюонного телескопа) ИКФИА СО РАН.

За период с 1 мая по 31 августа 2009 г. было зарегистрировано 25 случаев прохождения грозового фронта либо фронта мощных кучевых облаков, при которых напряженность электрического поля существенно увеличивалась (более ±5 кВ/м). В семи случаях изменение поля в одну сторону (около ±5 кВ/м) было долговременным (около 9 ч) и в одном случае – до 20 кВ/м около 1 ч (07–08:11:07:2009). Эти 8 событий и были рассмотрены.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 1 изображено событие с изменением электрического поля до 20 кВ/м. В 08:00 (UT) произошел достоверный ($P < 0,05$) спад счета нейтронов на 1–1,8%, совпадающий по времени с резким скачком электрического поля. В мюонах малых энергий также наблюдается реакция порядка 0,3–0,8%. В мюонах с большей энергией реакции не наблюдается. Схожие результаты получили на тянь-шаньской (ФИ РАН) и баксанской установках (ИЯИ РАН) [2, 3].

Для анализа 4 случаев повышения поля и 3 случаев понижения был применен метод наложения эпох с часовым усреднением для получения необходимой точности и получения достоверной вариации. Данные для наложения эпох брались за 2 ч до и до 10 ч после начала события (продолжительное повышение электрического поля в одну сторону). Результаты, полученные этим методом, изображены на рис. 2 и 3.

Обнаруженное уменьшение темпа счета нейтронов на 0,3% не зависит от знака отклонения атмосферного электрического поля (при любом знаке поля интенсивность КЛ уменьшается).

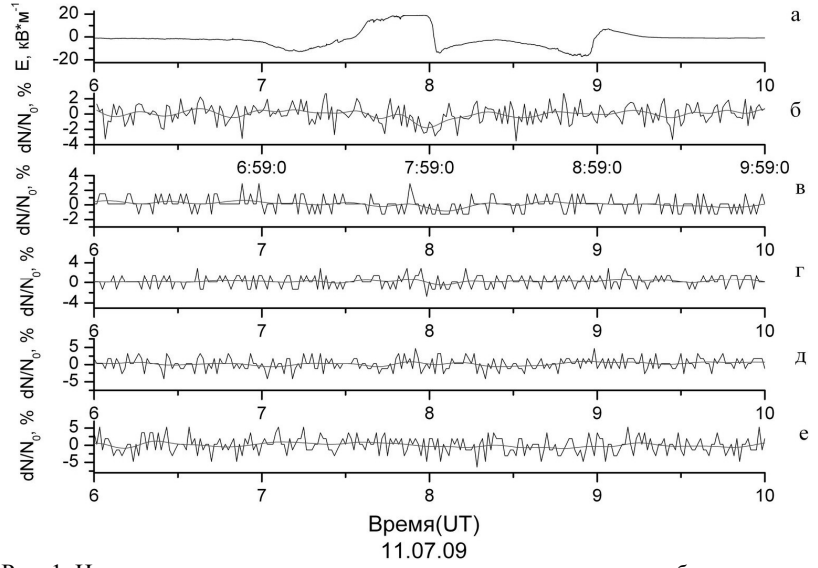



Рис. 1. Изменение электрического поля: *а* – электрическое поле; *б* – изменение темпа счета нейтронов с пороговой энергией 1,65 ГэВ, медианой – 15 ГэВ; *в* – изменение темпа счета мюонов с энергиями: пороговая – 3 ГэВ, медианная – 60 ГэВ; *г* – изменение темпа счета мюонов с энергиями: пороговая – 4,5 ГэВ мединная – 77 ГэВ; *д* – изменение темпа счета мюонов с энергиями: пороговая – 9 ГэВ, мединная – 110 ГэВ; *е* – изменение темпа счета мюонов с энергиями: пороговая – 15 ГэВ, мединная – 146 ГэВ



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

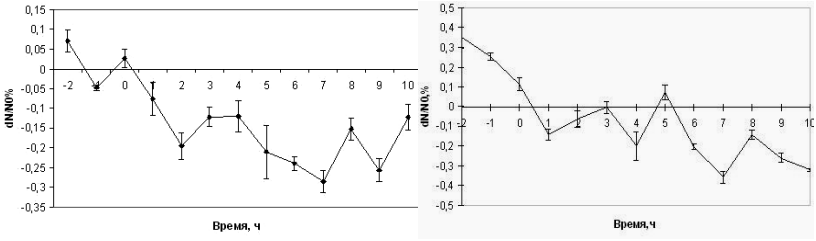



Рис. 2. Наложение эпох по нейтронам при росте электрического поля в положительную сторону – слева, справа – в отрицательную

Аналогично ведет себя мягкая компонента КЛ (пороговая энергия ~3 ГэВ, медианная ~60 ГэВ) в электрическом поле (±5 кВ/м). Уменьшение темпа счета мюонов составляет порядка 0,3–0,5% и также не зависит от знака, более жесткая компонента (пороговая энергия ~4,5 ГэВ, медианная ~77 ГэВ) не реагирует.

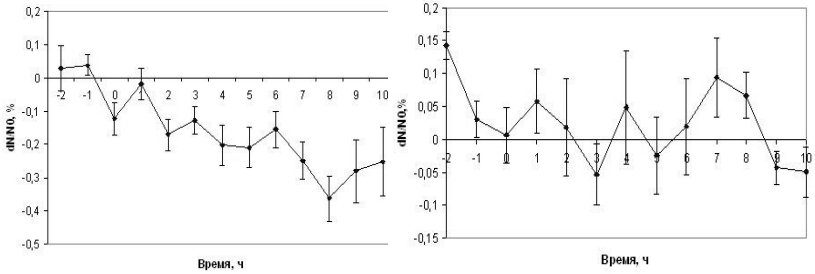



Рис. 3. Наложение эпох по мюонам при росте электрического поля в положительную сторону – слева, справа – в отрицательную

Возможно объяснение наблюдаемой вариации КЛ дополнительным поглощением водой, содержащейся в дождевых облаках. Однако кучево-дождевая облачность наблюдалась на протяжении всех представленных периодов, а не только во время появления вариации КЛ. Это говорит о необходимости объяснения влиянием электрического поля [1].

Работа выполнена в рамках НОЦ «Космофизика» и поддержана грантами РФФИ 08-02-00348-а, 09-05-98540-р_восток_а и программами Президиума РАН 16 и АВЦП проект № РНП 2.1.1/2555 и ФАНИ г.к.02.740.11.0248.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Dorman L.I. and Dorman I.V. et al. Cosmic-ray atmospheric electric field effects // J.Geophys. Res. A. 2003. Vol. 108, № 5. 1181doi:1029/2002JA009533.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

2. Лидванский А.С., Петков В.Б., Хаердинов Н.С. Вариации интенсивности мюонов космических лучей, вызванные грозовыми электрическими полями // Изв. РАН. Сер. физ. 2004. Т. 68, № 11. С. 1605–1607.

3. Антонова В.П., Гуревич А.В., Зыбин К.П. и др. Отклик грозовой активности в данных тянь-шаньского нейтронного монитора // Изв. РАН. Сер. физ. 2009. Т. 73, № 3. С. 412–414.

## МИКРОПОЛОСКОВЫЙ ИЗБИРАТЕЛЬНЫЙ ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЙ ФИЛЬТР С ПАРОЙ ПОЛЮСОВ ЗАТУХАНИЯ*

***С.А. Ткачёва, студентка 4-го курса РТФ***

*г. Томск, ТУСУР, каф. СРС, mrc@main.tusur.ru*

Методика расчета и разработки микрополосковых полосно-пропускающих фильтров [1] нашла достаточно широкое применение.

Ниже приведены результаты расчета и моделирования микрополоскового избирательного полосно-пропускающего четырехрезонаторного фильтра.

Основные технические требования к фильтру:

− материал подложки Rogers RO 4003, высотой 813 мкм, толщиной 17 мкм;

− модуль коэффициента отражения в рабочей полосе частот – 20…22 дБ;

− центральная частота настройки $f_0$=1680 МГц;

− подавление на частоте 1600 МГц не менее 40 дБ;

− ширина полосы пропускания по уровню пульсации 0,05 дБ не менее 40 МГц.

За основу для расчета принят прототип НЧ, приведенный на рис. 1.

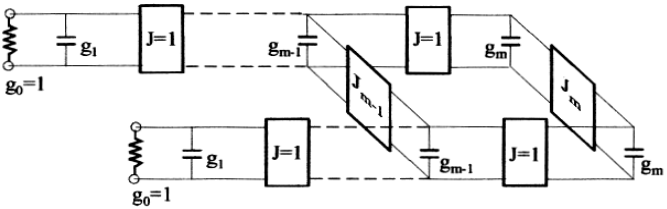



Рис. 1. Структура фильтра-прототипа НЧ

* Выполнено в рамках проекта ГПО СРС-0802 – Разработка радиочастотного тракта приемопередающих модулей ВЧ и СВЧ.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Фильтр состоит из инверторов проводимости с характеристическими проводимостями $J$ и $gm$ элементов фильтра Чебышева [1]. Элементами $gm$ являются четыре резонатора, параметры которых получены для расчета эквивалентных схем фильтров с учетом нормированной частоты полюса затухания $\Omega = 2{,}4$.

По этим элементарным величинам вычислены коэффициенты связи, необходимые для построения выбранной конструкции фильтра, приведенной на рис. 2.

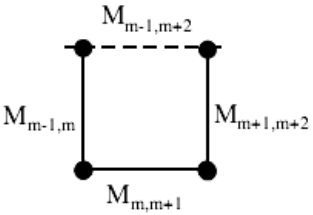



Рис. 2. Общая структура связи микрополоскового избирательного фильтра ($m = n/2$, где $n$ – количество резонаторов)

Коэффициенты связи: M12=M34=0,036; M23=0,03; M14=–0,0047.

По коэффициентам связи собран фильтр из четырёх резонаторов, настроенный на центральную частоту $f_0 = 1680$ МГц с коэффициентом отражения $S11 = -19{,}7$ дБ, полосой пропускания $\Delta f = 68$ МГц и нормированной частотой полюса затухания $\Omega = 2{,}4$, соответствующей частоте 1590 МГц. Фильтр промоделирован на квадратной подложке с размерами 54,35×54,35 мм$^3$ из материала Rogers RO 4003 loss free высотой $H = 0{,}813$ мм.

При настройке свернутого квадратного резонатора на данной подложке с заданными параметрами получены следующие геометрические размеры: размер резонатора size = 16 мм; ширина резонатора (проводника) $w = 1{,}45$ мм; размер отверстия в резонаторе $G = 1{,}35$ мм; толщина резонатора задана $t = 0{,}017$ мм.

На рис. 3 приведены частотные характеристики микрополоскового избирательного четырехрезонаторного фильтра.

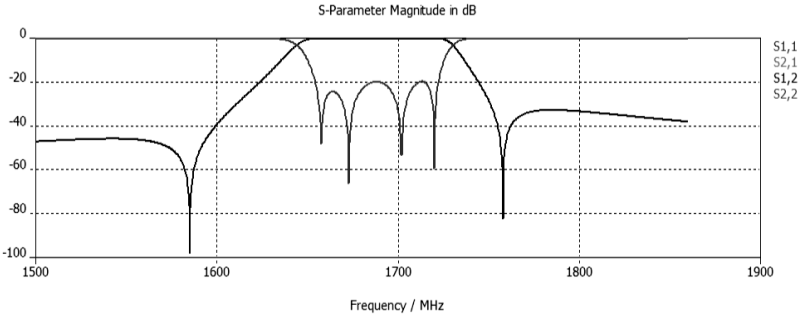



Рис. 3. Частотные характеристики фильтра



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Jia-Sheng Hong, Lancaster M.J. Microstrip Filters for RF/Microwave Applications. New York; Chichester; Weinheim; Brisban; Singapore; Toronto: A Wiley-Enterscience Publication, John Wiley & Sons, Inc.

2. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи: Пере. с англ. / Под ред. Л.В. Алексеева и Ф.В. Кушнира. М.: Связь, 1971. Т. 1. 438 с.

## РАДИОЛОКАЦИЯ СЛОИСТЫХ СРЕД РУПОРНОЙ АНТЕННОЙ. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АНТЕННЫ В CST MICROWAVE STUDIO

***А.А. Трубачев, А.В. Гражданкин, студенты 4-го курса;***
***А.А. Шибельгут, м.н.с.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, ShibelgutAA@rzi.tusur.ru*

Радиотехнические методы определения внутренней структуры объектов находят применение в технике аэрокосмического зондирования, при поиске полезных ископаемых, при технологическом контроле качества слоистых покрытий, при поиске скрытых объектов, при обследовании дорог, ледников и водоёмов, дистанционном разминировании территорий и т.д. [1, 2].

На кафедре радиоэлектроники и защиты информации в течение последних двух лет ведется научно-исследовательская работа (НИР) по разработке программно-аппаратных средств систем многочастотного подповерхностного зондирования.

В данном сообщении представлены результаты нескольких экспериментов с различными наборами слоев, имитирующих разнообразные слоистые среды, при их радиолокации рупорной антенной. При проведении экспериментов осуществлялись неоднократные измерения, что помогло выявить погрешности и грубые ошибки измерений.

Результаты этих измерений для слоистой среды, построенной из таких материалов, как текстолит, дерево, пенопласт, гипсокартон, и находящейся на металлической пластине и без нее, представлены на рис. 1, *а*, *б* соответственно.

Видно, что при исследовании данной слоистой среды, расположенной на металлической пластине, минимальное значение $|R|$ находится в области более низких частот рабочего диапазона ($f$ = 1,9 ГГц). График рис. 1, *б* показывает перемещение этого значения в область более высоких частот диапазона ($f$ = 2,5 ГГц). Это может характеризоваться отдалением полностью отражающей поверхности от излучаю-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

щей части антенны. Исследования проводились в диапазоне частот от 1,3 до 2,9 ГГц.

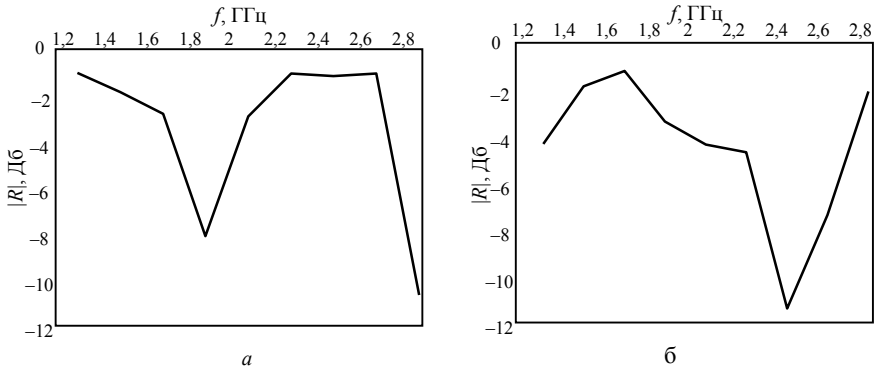



Рис. 1. Экспериментальная зависимость модуля комплексного коэффициента отражения от частоты для слоистой среды, расположенной над металлической пластиной (*а*) и без нее (*б*)

В рамках этой НИР также было принято решение создать электронную модель эксперимента в среде электромагнитного анализа CST Microwave Studio (далее – CST MS). Первым шагом данной разработки явилось моделирование рупорной широкополосной антенны П6-23М, которая использовалась в реальных экспериментах. Основной задачей является получение точной модели антенны и среды для возможности дальнейшего анализа результатов реальных экспериментов и их электронных аналогов. Скриншоты рабочих окон CST MS, на которых показана модель рупорной антенны П6-23М и ее диаграмма направленности, представлены на рис. 2 и 3 соответственно.

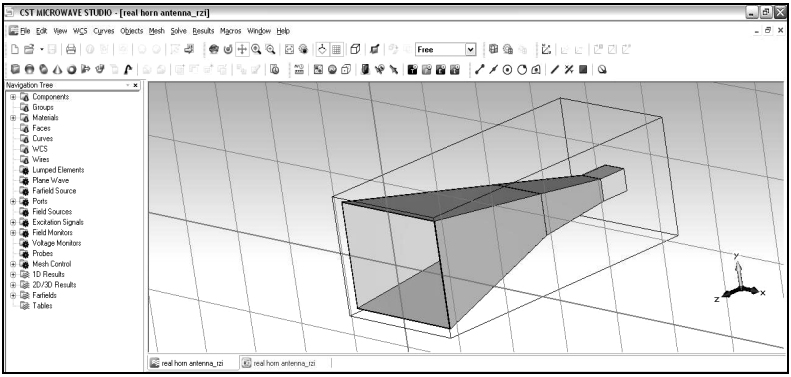



Рис. 2. Модель антенны П6-23М в CST MS



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

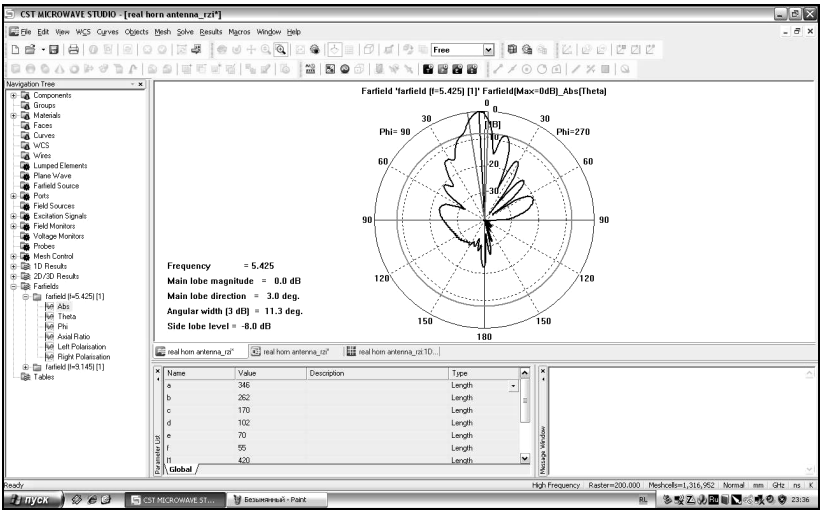



Рис. 3. Диаграмма направленности антенны П6-23М в CST MS

Преимуществом электронного эксперимента является условие полного отсутствия помех от посторонних предметов и возможность создания любых слоистых сред с различным профилем диэлектрической проницаемости.

Работа выполнена в рамках проекта ГПО (группа РЗИ-0714) и государственного контракта № 02.740.11.0514 Федеральной целевой программы.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Дронов Д.В. Подповерхностное зондирование дорожного полотна с использованием ЛЧМ сигналов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.12.14. М., 2006, 147 с. РГБ ОД, 61:07-5/2092;

2. Шибельгут А.А., Литвинов Р.В., Максимов А.В. Обратная задача радиолокации слоистых сред рупорной антенной // Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач: Молодежная междунар. науч. школа-конф. Новосибирск, 10–20 августа 2009 г. Ин-т математики СО РАН. Новосибирск, 2009. С. 115–116.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ОДНОЗЕРКАЛЬНЫЕ АНТЕННЫ С ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПРОСТРАНТСВЕННОЙ ФОРМЫ (КОНТУРНОГО ЛУЧА)

***Е.Ю. Узолин, аспирант каф. РТС, И.Г. Крюков, вед. инженер***
*г. Железногорск, ОАО «ИСС», Armilion@sibmail.com*

Наблюдаемая с космического аппарата (КА), находящегося в какой-либо точке стояния на геостационарной орбите (ГСО), обслуживаемая территория (государство или группа государств) имеет сложную форму границ. При ее покрытии лучами антенн с ДН круглого или эллиптического поперечного сечения значительная доля мощности попадает на территорию сопредельных государств и в область пространства вне телесного угла видимости Земли [1].

Локализация сигнала на обслуживаемой территории со сложной формой границ (при его минимизации вне зоны обслуживания (ЗО)) позволяет увеличить его энергетику в ЗО и улучшить помеховую обстановку на сопредельных с ЗО территориях.

Таким образом, вышеизложенное позволяет поставить следующую задачу:

− требуется сформировать ДН антенны, поперечное сечение которой по некоторому заданному уровню (контуру) имеет заданную форму, охватывая при проекции на Землю территорию со сложной формой границ;

− уровни ДН антенны вне контура, ограничивающего ЗО, должны быть минимально возможными, что предполагает высокие значения крутизны ДН на границе ЗО и низкие уровни боковых лепестков (УБЛ).

Данная задача может быть решена, например, с помощью специального амплитудно-фазового распределения (АФР) возбуждения элементов антенной решетки (АР) как собственно антенны, так и являющейся облучателем параболического или иной формы зеркала (так называемая гибридно-зеркальная антенна – ГЗА) [2]. Однако, при этом потери полезного сигнала в диаграммо-образующей схеме (ДОС), реализующей требуемое АФР по элементам АР, может быть весьма значительными, часто превышая выигрыш, достигаемый его локализацией внутри заданного сложного контура.

Потерь в ДОС можно избежать, если формировать контурную ДН специальным профилированием отражающей поверхности рефлектора (или рефлекторов) зеркальной антенны с одиночным облучателем. Помимо этого, такая антенна обладает меньшими массогабаритными показателями по сравнению, например, с ГЗА, что немаловажно для ее использования на борту КА, а также не требует сложной настройки АФР возбуждения элементов АР.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Однако рефлектор такой антенны должен иметь апертуру значительно больших размеров, чем у антенн с круглым или эллиптическим лучами. Это является следствием того, что процесс синтеза контурной ДН в рассматриваемом здесь случае состоит в том, что узкий луч антенны с гладким начальным профилем рефлектора путем его деформаций, а следовательно, расфазирования специального вида поля в апертуре, «размазывается» по требуемой области пространства. Следствием этого является то, что уровни бокового излучения антенны с рефлектором специального профиля значительно превышают их значения в ДН сфокусированных антенн. Кроме того, сложная геометрическая форма отражающей поверхности рефлектора значительно сложнее в изготовлении и контроле его точности, чем обычно параболический рефлектор ГЗА.

Обладая остоинствами и недостатками, антенны со сложной формой профиля отражающей поверхности рефлектора и одиночным облучателем, формирующие ДН сложной пространственной формы (контурный луч), уже получили широкое распространение на ряде зарубежных и отечественных КА.

В рамках проекта «Экспресс-АК» предполагалось, что антенны Ku-диапазона КА на ГСО в точке стояния 90° восточной долготы будут обслуживать территорию Российской Федерации. С целью повышения энергетики сигнала на территории РФ были проведены расчеты контурных антенн (приемной и передающей) и проведено макетирование передающей антенны ∅1300 мм.

Макет рефлектора антенны был изготовлен из трикотажного металлизированного сетеполотна с системой регулировочных оттяжек с его тыльной стороны. Отражающая поверхность рефлектора представляла собой специальным образом с помощью адаптированных шаровых функций деформированный эллиптический параболоид. Амплитуда деформаций рефлектора гладкого базового профиля – в пределах ±8,5 мм.

На рис. 1 представлен контур расчетной ДН передающей антенны на частоте 11,7 ГГц, покрывающей требуемую ЗО, а на рис. 2 – контур экспериментально измеренной ДН макета антенны на той же частоте. Измерения ДН проводились на специально оборудованном автоматизированном рабочем месте.

Расчетное значение КУ антенны в требуемой зоне обслуживания – не менее 28,5 дБ. По сравнению с антенной с эллиптическим лучом 3°×11°, также покрывающим территорию РФ и имеющим КУ в ЗО не менее 26,5 дБ, достигнут выигрыш в 2 дБ (+58%) в требуемой зоне обслуживания.

Сравнение расчетных и экспериментальных результатов показывает их хорошее совпадение.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

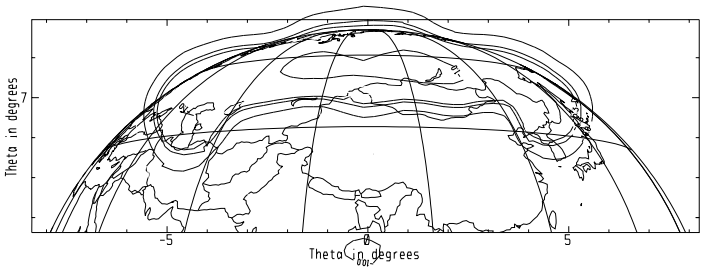



Рис. 1. Контуры расчетной ДН передающей антенны КА «Экспресс-АК» Ku-диапазона на частоте 11,7 ГГц

КУ в максимуме ДН $G_{max} = 32{,}6$ дБ.

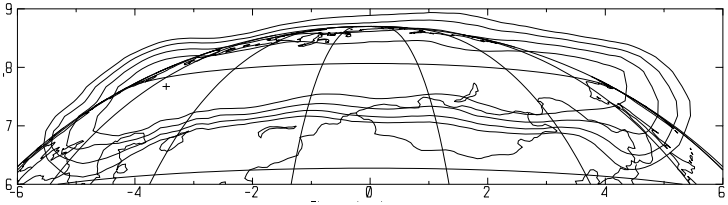



Рис. 2 Контуры измеренной ДН макета передающей антенны для КА «Экспресс-АК» на частоте 11,7 ГГц (–1, –2, –3, –4 дБ)

Измеренное значение КУ в максимуме ДН $G_{max} = 32{,}6$ дБ.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Бахрах Л.Д., Галимов Г.К. Зеркальные сканирующие антенны. Теория и методы расчета. М.: Наука, 1981.

2. Айзенберг Г.З., Ямпольский В.Г.,Терешин О.Н. Антенны УКВ / Под ред. Г.З. Айзенберга: В 2 ч. Ч. 1. М.: Связь, 1977.

## ВОЗБУДИТЕЛЬ МОЩНОГО СВЧ-ГЕНЕРАТОРА*

***В.В. Верховин, О.В. Костылёва, И.Ж. Токбаева, студенты 4-го курса,***
***Ю.А. Воронина, Д.С. Добриков, студенты 3-го курса;***
***А.А. Титов, д.т.н., проф.***
*г. Томск, ТУСУР, TitovAA@rzi.tusur.ru*

Диоды Ганна и лавинно-пролетные диоды позволяют разрабатывать СВЧ-генераторы с выходной импульсной мощностью до 40 Вт в

* Выполнено в рамках проекта ГПО РЗИ-0702 – Разработка усилителя мощности передатчика телевизионного вещания ДМВ-диапазона.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

диапазоне частот 8…96 ГГц [1]. Для возбуждения указанных диодов требуются импульсные сигналы с мгновенной мощностью порядка 2000 Вт. Серийно импульсные генераторы с такой выходной мощностью не выпускаются.

В соответствии с этим была поставлена задача разработки импульсного генератора, обеспечивающего возбуждение диодов типа 3А750, 3А762, 3А765, 3А766. В результате исследований разработан маломощный импульсный генератор (рис. 1) и мощный импульсный усилитель, принципиальная схема которого приведена на рис. 2.

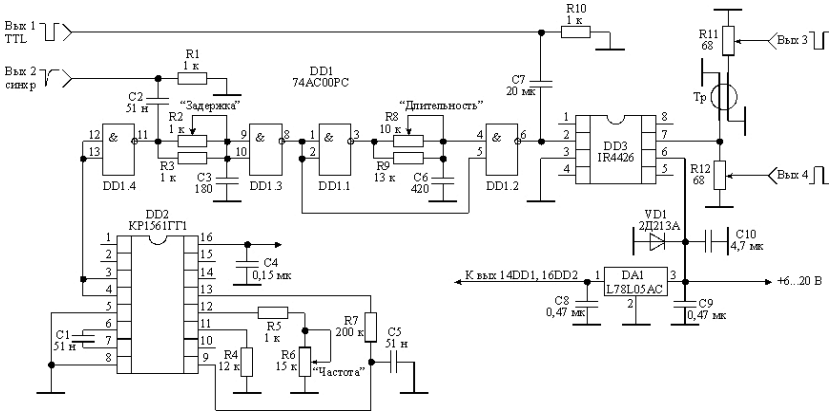



Рис. 1. Принципиальная схема маломощного импульсного генератора

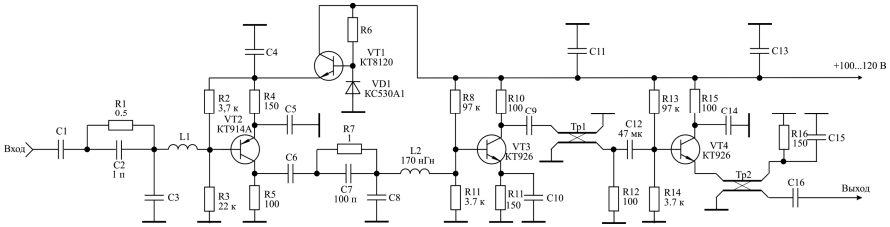



Рис. 2. Принципиальная схема мощного импульсного усилителя

Генератор состоит из синтезатора на микросхеме DD2, формирователя последовательности импульсов на микросхеме DD1, драйвера на микросхеме DD3.

Синтезатор на микросхеме DD2 формирует последовательность импульсов прямоугольной формы со скважностью, равной двум (меандр), частота повторения которых определяется положением движка потенциометра R6.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Формирователь последовательности импульсов на микросхеме DD1 формирует импульсы заданной длительности, определяемой номиналом конденсатора С6 и значением резистора R8.

Драйвер верхнего уровня на микросхеме DD3 формирует мощные импульсы положительной полярности, амплитуда которых, при нагрузке более 30 Ом, неизменна и составляет величину: $E_п - U_{ост}$, где $E_п$ – напряжение питания; $U_{ост}$ – остаточное напряжение.

На выходе генератора установлен фазоинвертор, обозначенный на рис. 1 как Тр, который инвертирует сигнал с выхода драйвера и формирует импульс отрицательной полярности. Фазоинвертор выполнен на ферритовом сердечнике М2000НМ К20×10×5 с использованием длинной линии с волновым сопротивлением 50 Ом и длиной 45 см.

На рис. 3 представлены чертеж печатной платы генератора с расположенными на ней элементами и общий вид генератора.

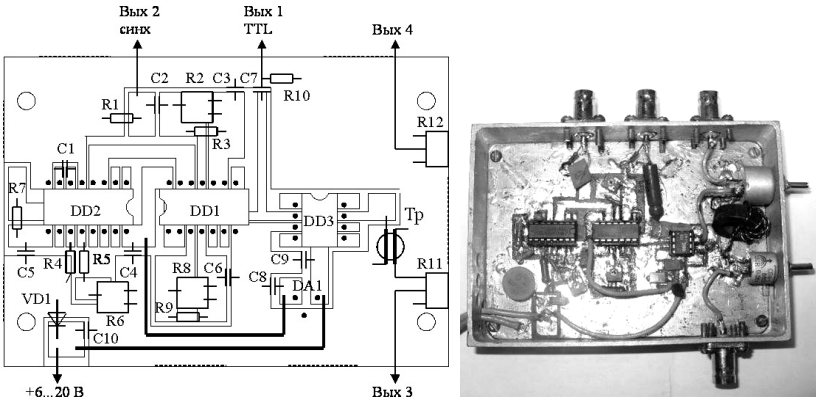



Рис. 3. Печатная плата и внешний вид генератора

Усилитель содержит два предварительных каскада с общим эмиттером, выходной каскад по схеме с общим коллектором, два фазоинвертора, стабилизатор напряжения питания входного каскада.

Во всех каскадах усилителя использована схема эмиттерной термостабилизации токов покоя транзисторов усилителя, одновременно обеспечивающая линеаризацию его амплитудной характеристики. В предварительных каскадах использована диссипативная корректирующая цепь третьего порядка [2].

Для повышения КПД и получения в нагрузке импульса отрицательной полярности, между каскадами и на выходе усилителя установлены фазоинверторы, обозначенные как Тр1 и Тр2.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Фазоинверторы выполнены на ферритовых сердечниках М2000НМ К20×10×5 с использованием длинных линий с волновым сопротивлением 50 Ом и длиной 45 см.

На рис. 4 представлен чертеж печатной платы усилителя с расположенными на ней элементами.

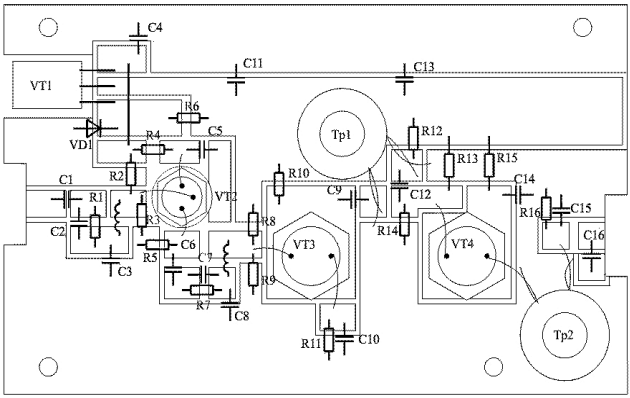



Рис. 4. Печатная плата усилителя.

Технические характеристики возбудителя:

- максимальное выходное напряжение 100 В;
- максимальный выходной ток в импульсе 20 А;
- время установления фронта импульса 30 нс;
- длительность генерируемых импульсов 30…300 нс;
- полярность выходных импульсов отрицательная;
- скважность генерируемых импульсов не менее 500.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. Номер государственного контракта: 02.740.11.0514.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Наливайко Б.А., Берлин А.С., Божков В.Г. и др. Полупроводниковые приборы. Сверхвысокочастотные диоды: Справочник / Под ред. Б.А. Наливайко. Томск: МГП «РАСКО», 1992. 223 с.

2. Титов А.А. Транзисторные усилители мощности МВ и ДМВ. М.: СОЛОН-пресс, 2006. 328 с.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНЫМИ ГАРМОНИЧЕСКИМИ СИГНАЛАМИ*

***Ю.А. Воронина, Д.С. Добриков, студенты 3-го курса;***
***В.В. Верховин, О.В. Костылёва, И.Ж. Токбаева, студенты 4-го курса;***
***А.А. Титов, д.т.н., проф.***
*г. Томск, ТУСУР, TitovAA@rzi.tusur.ru*

Устройства ограничения, регулирования и модуляции амплитуды электрических сигналов используются во многих радиотехнических системах, например в радиолокации, радиосвязи, в передатчиках теле- и радиовещания. Недостатком известных схемных решений построения таких устройств является их малая выходная мощность. Этот недостаток может быть устранен благодаря использованию способности биполярных транзисторов с закрытыми переходами к осуществлению двухстороннего ограничения мощных гармонических сигналов. Несмотря на многолетнюю практику использования биполярных транзисторов в радиоэлектронике, эффект двухстороннего ограничения мощных гармонических сигналов биполярным транзистором с закрытыми переходами до последнего времени не был известен и по этой причине оказался не исследованным.

Использование указанного эффекта представляется перспективным с точки зрения возможности построения устройств ограничения, регулирования и модуляции амплитуды гармонических сигналов мощностью в сотни. Разработка таких устройств позволит, в свою очередь, значительно упростить вновь создаваемые, а также функционирующие радиотехнические системы различного назначения. Для их разработки и исследования требуются генераторы мощных гармонических колебаний. Серийно такие генераторы не выпускаются.

В соответствии с этим была поставлена задача разработки сверхширокополосного усилителя (СУ), работающего от стандартного генератора и позволяющего получить в нагрузке мощность порядка 10 Вт в диапазоне частот 10…200 МГц.

За основу был взят СУ, разработанный выпускником ТУСУРа В.С. Киманом. С целью повышения КПД усилителя, при усилении сигналов различной амплитуды, в нем была использована система автоматической регулировки потребляемого тока, описанная в [1].

* Выполнено в рамках проекта ГПО РЗИ-0902 – Устройства регулирования, модуляции и ограничения амплитуды мощных периодических и импульсных сигналов.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Для сокращения числа каскадов усилителя и минимизации его стоимости проведен сравнительный анализ использования различных схемных решений построения межкаскадных корректирующих цепей, применяемых при построении мощных СУ. В итоге выбрана цепь, обеспечивающая получение максимального коэффициента усиления отдельного усилительного каскада при заданной полосе рабочих частот усилителя и допустимой неравномерности его амплитудно-частотной характеристики, методика расчета которой описана в [2].

В результате была разработана принципиальная схема усилителя, приведенная на рис. 1.

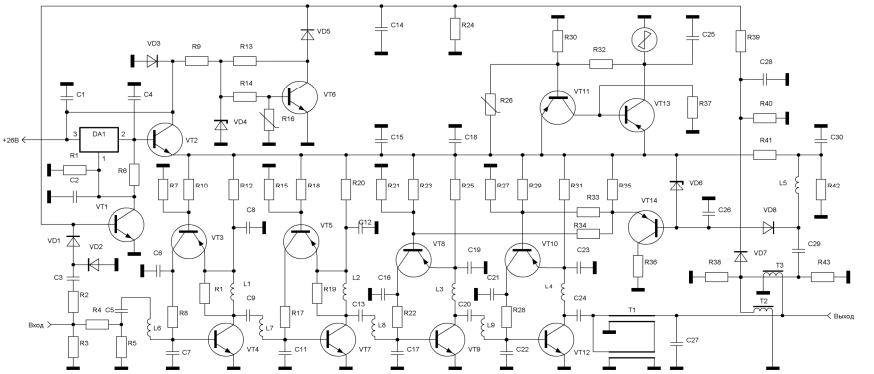



Рис. 1. Принципиальная схема мощного сверхширокополосного усилителя

Усилитель содержит четыре каскада усиления на транзисторах VT4, VT7, VT9, VT12, трансформатор импедансов, датчик системы активной коллекторной стабилизации, управляемый стабилизатор напряжения, блок управления, датчик падающей и отраженной волн, широкополосный направленный ответвитель, защиту усилителя от неверного включения источника питания, блок защиты от перегрузки по входу и источник питания.

Схема работает следующим образом. На вход усилителя мощности поступает сигнал, который затем усиливается четырьмя каскадами усилителя.

Для согласования выходного каскада с нагрузкой и получения максимальной мощности используется трансформатор импедансов, с коэффициентом трансформации 1:4, выполненный на длинных линиях. Далее сигнал поступает на выход усилителя.

В случае изменения сопротивления нагрузки (холостой ход – короткое замыкание), превышения номинального значения сигнала на входе, сигнал с датчиков-детекторов поступает на блок управления и



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

блок защиты от перегрузки по входу, а далее на управляемый стабилизатор напряжения. Подводимое к СУ напряжение источника питания стабилизируется управляемым стабилизатором напряжения.

При срабатывании одной из схем защиты стабилизатор напряжения через схему стабилизации режима каскадов задает необходимое напряжение смещения. Например, при превышении номинального значения напряжения источника питания с выхода схемы защиты от перенапряжения сигнал поступает на вход стабилизатора напряжения, при действии которого снижается коэффициент усиления каскадов.

По принципиальной схеме усилителя (рис. 1) разработаны его печатная плата и конструкция.

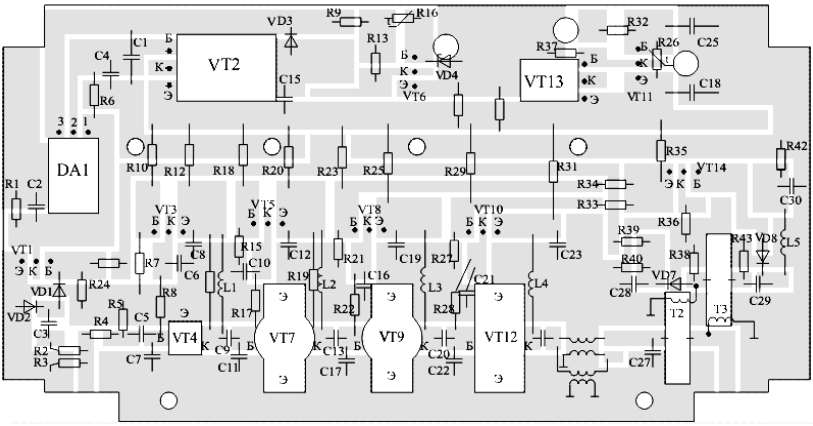



Рис. 2. Печатная плата усилителя с расположением элементов

Ожидаемые технические характеристики усилителя:

- полоса рабочих частот 10…240 МГ;
- выходная мощность 10 Вт;
- неравномерность АЧХ ±1 дБ;
- сопротивление генератора и нагрузки 75 Ом;
- напряжение питания +26…30 В.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. Номер государственного контракта: 02.740.11.0514.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Титов А.А. Транзисторные усилители мощности МВ и ДМВ. М.: СОЛОН-пресс, 2006. 328 с.

2. Титов А.А. Параметрический синтез межкаскадной корректирующей цепи сверхширокополосного усилителя мощности // Изв. вузов. Сер. Электроника. 2002. № 6. С. 81–87.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СОВОКУПНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ПРОВОДНИКОВ

***О.С. Воропаев, аспирант***
*г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧ и КР, olswor@mail.ru*

Известно, что построение значительного числа антенных устройств (систем) для радиочастотного диапазона осуществляется на основе тонких линейных проводников. Общая характеристика направленности (ХН) такой системы формируется из ХН основного (базового) элемента путем корректировки таких параметров характеристики, как уровень боковых лепестков, степень подавления заднего лепестка, ширина основного лепестка и т.п. В качестве примера можно привести вибраторные антенны, директорные и логопериодические антенны и т.д. Механизм формирования общей ХН заключается в векторном сложении компонент электромагнитных полей (ЭМП) возбуждающих токов одиночных элементов. На сегодняшний момент этот механизм для систем с однотипным распределением токов изучен хорошо и освещен, например в [1, 2], а для систем с различным распределением вопрос освещен слабо. В [3] приведены общие сведения по этому вопросу с указанием основополагающих моментов. Данная работа проведена с целью получения численных результатов при формировании общей ХН составной излучающей системы с различным распределением токов на ее проводниках и является продолжением работы [4], выполненной для несимметричного вибратора.

Исследование проводится путем численного решения дифференциальных уравнений для электрического и магнитного полей с использованием электрического вектор-потенциала (вектора Герца). Как известно [5], вектор Герца (ВГ) является решением неоднородного волнового уравнения и имеет следующий общий вид:

$$\dot{\vec{\Gamma}}_{\text{Э}} = \frac{\varepsilon_a}{j\omega \cdot 4\pi \cdot \dot{\varepsilon}} = \int_{V'} \dot{\vec{j}}\left(x',y',z'\right) \cdot \frac{e^{-jk\vec{r}\left(x,y,z,x',y',z'\right)}}{\vec{r}\left(x,y,z,x',y',z'\right)} dV' ,$$

где $\varepsilon_a = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{\text{c}}$ – абсолютная ($\varepsilon_{\text{c}}$ – относительная) диэлектрическая проницаемость окружающей среды; $\omega$ – циклическая частота возбуждающего тока проводимости; $\dot{\varepsilon} = \varepsilon_a - j\sigma_{\text{c}}/\omega$ – комплексная диэлектрическая проницаемость окружающей среды; $\sigma_{\text{c}}$ – удельная электрическая проводимость среды; $\dot{\vec{j}}\left(x',y',z'\right)$ – объемная плотность возбуждающего тока проводимости; $\vec{r}\left(x,y,z,x',y',z'\right)$ – радиус-вектор расстояния между точкой интегрирования $\left(x',y',z'\right)$ объема $V'$ с током и точкой наблюдения $\left(x,y,z\right)$;



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$\vec{r}(x,y,z,x`,y`,z`)=\sqrt{(x-x`)^2+(y-y`)^2+(z-z`)^2}\cdot\vec{r}_0.$$

Так как в данном случае ток распространяется по тонкому линейному однородному проводнику (системе проводников), то $\dot{\vec{I}}(l`)=\dot{\vec{j}}(x',y',z')/S$, где $S$ – площадь поперечного сечения провода; $l'=\sqrt{(x'-x_0)^2+(y'-y_0)^2+(z'-z_0)^2}$ – элемент длины провода; $(x',y',z')$ – координаты точки интегрирования на проводе. Кроме того, если окружающая среда не имеет потерь, то вид решения для вектора Герца упрощается:

$$\dot{\vec{\Gamma}}_Э=\frac{1}{j\omega\cdot 4\pi}=\int_{l'}\dot{\vec{I}}(l')\cdot\frac{e^{-jk\vec{r}(x,y,z,x',y',z')}}{\vec{r}(x,y,z,x',y',z')}dl'.$$

Компоненты ЭМП вычисляются непосредственно через электрический ВГ следующим образом:

$$\dot{\vec{E}}(x,y,z)=\frac{1}{\varepsilon_a}\mathrm{grad}\left(\mathrm{div}\left(\dot{\vec{\Gamma}}_Э\right)\right)+\frac{k^2}{\varepsilon_a}\dot{\vec{\Gamma}}_Э;\ \dot{\vec{H}}(x,y,z)=j\omega\cdot\mathrm{div}\left(\dot{\vec{\Gamma}}_Э\right).$$

Для исследования были выбраны модели реальных антенн (рис. 1, *а* – антенна типа ОБ (однопроводная бегущей волны); рис. 1, *б* и *г* – антенна типа ОБ-Е (однопроводная бегущей волны с противовесами), рис. 1, *в* – антенна типа АБ (антенна Беверджа)).

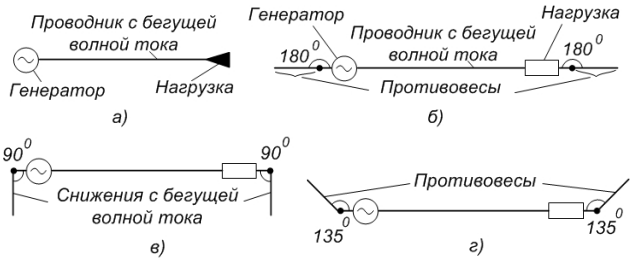



Рис. 1. Исследуемые модели

Условия моделирования: свободное пространство без потерь; проводники антенн – бесконечно тонкие, без омических потерь; все расчетные ХН нормируются на максимум ХН одиночного провода с бегущей волной тока (см. рис. 1, *а*); соотношения амплитуд и фаз возбуждающих токов выбираются исходя из принципов работы реальных антенн, а именно, – токи в клеммах подключения генератора и нагрузки должны быть противофазными, на противовесе устанавливается стоячая волна тока, амплитуда тока в противовесе со стороны генератора должна быть равна или несколько меньше амплитуды тока основ-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ного проводника, амплитуда тока в противовесе со стороны нагрузки должна быть заметно меньше амплитуды входного тока основного проводника (зависит от потерь на излучение основным проводом).

Результаты численных расчетов представлены на рис. 2–4.

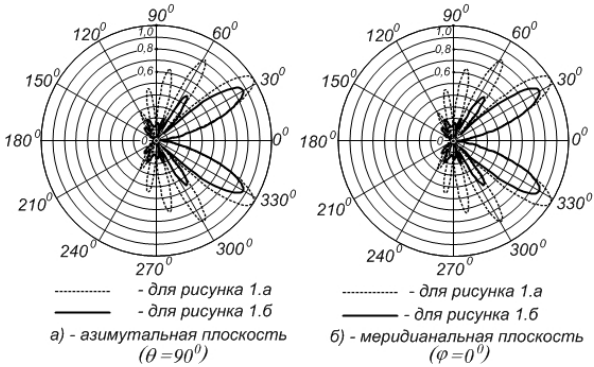



Рис. 2. Характеристики направленности для модели антенны ОБ-Е

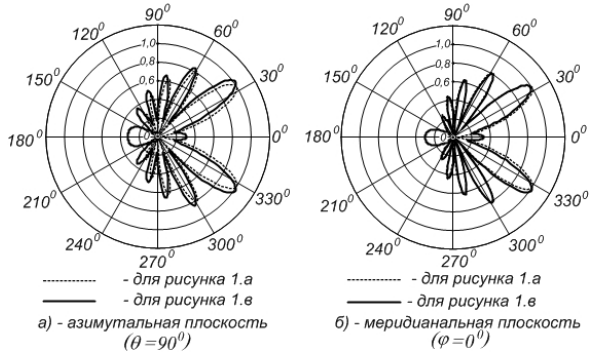



Рис. 3. Характеристики направленности для модели антенны АБ

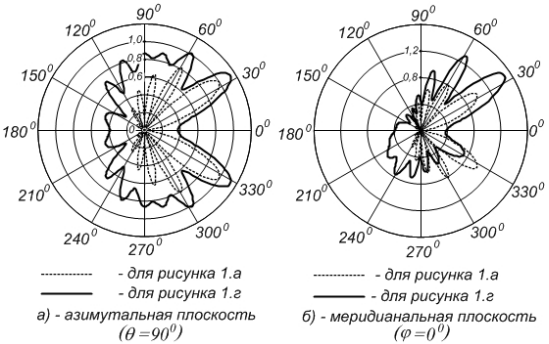



Рис. 4. Характеристики направленности для прототипа антенны ОБ-Е



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Марков Г.Т., Сазонов Д.М. Антенны. М.: Энергия, 1975. 528 с.

2. Нефедов Е.И. Устройства СВЧ и антенны. М.: Изд. центр «Академия», 2009. 384 с.

3. Харченко К.П. КВ-антенны – рупоры без видимых стенок. М.: Радио-Софт, 2003. 96 с.

4. Воропаев О.С. Исследование модели линейной составной антенны с различными распределениями тока на ее участках / О.С. Воропаев, Г.Г. Гошин // Информационные технологии и математическое моделирование – 2009: Матер. VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Томск, 2009. С. 49–54.

5. Красюк Н.П., Дымович Н.Д. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Высшая школа, 1974. 536 с.

## ВОЛНОВОДНЫЙ УПРАВЛЯЮЩИЙ МОДУЛЬ НА ОСНОВЕ МИС ДЛЯ РАБОТЫ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

***И.В. Юнусов, магистрант***

*г. Томск, ТУСУР, каф. физической электроники, yunusov_iv@mail.ru*

Представлены результаты разработки волноводного управляющего модуля на основе монолитной интегральной схемы (МИС), одним из перспективных применений которого является работа в составе спектрорадиометрического оборудования для исследования атмосферы, где он выполняет функцию модулятора-калибратора (МК) [1]. МК должен иметь минимальные начальные потери, поскольку мощность принимаемого сигнала чрезвычайно мала, и максимально возможное ослабление сигнала в закрытом состоянии для уверенной отсечки входного сигнала в период излучения собственных шумов и калибровки аппаратуры [1]. Важное значение имеет также хорошее согласование устройства с волноводным трактом в открытом и закрытом состояниях (низкий КСВН) во всем рабочем диапазоне частот.

Целью работы являются исследование и разработка МК с перспективой использования в спектрорадиометрической аппаратуре для работы в 1,3-мм диапазоне длин волн (225–235 ГГц) с параметрами, приближающимися к предельно возможным.

Разрабатываемый МК представляет собой отрезок волновода прямоугольного сечения, в Е-плоскости которого устанавливается МИС на основе арсенида галлия. Данный подход применяется при создании модулей и устройств СВЧ в ОАО «НИИПП» [2].



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В месте установки МИС волновод заужен, причем настолько, что он является запредельным в рабочем диапазоне частот устройства. Заужение волновода часто используется в модулях подобного типа [3].

Управление проходящей мощностью осуществляется модуляцией сопротивления волновода в месте установки МИС. Для корректного расчета важно правильно определиться с моделью используемых активных элементов и их параметрами. В МК используются диоды с барьером Шоттки (ДБШ). В качестве модели ДБШ была использована эквивалентная схема, приведенная на рис. 1, *а*, где $C_б$ – барьерная емкость, $r_б$ – дифференциальное сопротивление барьера Шоттки, $R_s$ – последовательное сопротивление ДБШ, $C_п$ – паразитная емкость ДБШ.

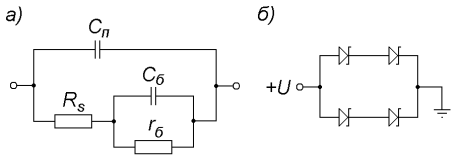



Рис. 1. Эквивалентная схема, используемая в качестве модели ДБШ – *а*; *б* – электрическая схема мИСС

Предварительные расчеты были сделаны приближенными методами, а для более точного расчета использовались специализированные программы для ЭВМ [4, 5]. Расчет МК выполнялся в последовательности, описанной в [3].

По результатам расчета предложен следующий вариант устройства. МИС выполнена по технологии, используемой в ОАО «НИИПП» [2], однако отличается от предложенных ранее схем [3]. Конструкции, применяемые для создания модуляторов на основе волноводно-щелевой линии, основаны на образовании проводящей линии с распределенными параметрами, согласованной с регулярным волноводом. Основные отличия предложенной схемы – преобразование ТЕ-волны низшей моды в квази-ТЕМ-волну, а также использование не линейки диодных цепочек, а лишь 2 цепочек ДБШ. С целью улучшения согласования диодов и проводящей линии была предложена разводка между ДБШ внутри цепочки в виде рамки.

МК состоит из корпуса *1* и МИС, которая включает в себя GaAs кристалл *2* и золотую фольгу, служащую разводкой между активными элементами и выводами схемы (рис. 2).

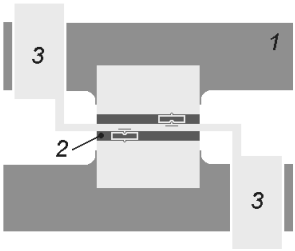



Рис. 2. МИС МК, установленная в плоскости разъема корпуса: *1* – корпус; *2* – кристалл; *3* – анодные выводы

Центральный проводник имеет симметричные выводы (относительно центра схемы) для подачи напряжения на цепочки диодов (анодные выводы *3*). Данные выво-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ды являются трансформаторами ТЕ-волны в квази-ТЕМ-волну, которая распространяется в зауженном волноводе.

По обе стороны от центрального проводника располагаются площадки металлизации, служащие для фиксации схемы внутри корпуса, одновременно являясь катодными выводами ДБШ.

Каждая из двух цепочек диодов представляет собой два последовательно соединенных ДБШ. В свою очередь, диодные цепочки включены параллельно в низкочастотной цепи. Таким образом, реализуемая электрическая схема МИС имеет вид, представленный на рис. 1, *б*.

Конфигурация разводки между ДБШ подбиралась с использованием ЭВМ. Для изоляции диодов при такой форме разводки возникла необходимость создания воздушной изоляции сложной формы, получаемой обтравливанием диодной области кристалла сквозь отверстия в металлизации и между балками рамки.

Основные результаты расчета устройства для работы в диапазоне 225–235 ГГц приведены в таблице. На рис. 3 приведены результаты расчета частотных характеристик $|S_{21}|$ для данного варианта МК.

**Основные результаты расчета (диапазон 225–235 ГГц)**

| Параметр | Режим «открыто» | Режим «закрыто» |
|---|---|---|
| $\|S_{21}\|$, дБ | < 2,1 | > 20 |
| КСВН | < 1,2 | < 1,7 |

На данном этапе требуется оценка соответствия рассчитанных характеристик МК и реальных характеристик устройства, оценка правильности выбора модели активных элементов и точности численного расчета.

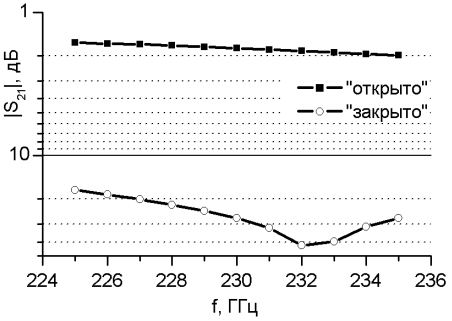



Рис. 3. Параметры рассеяния МК $|S_{21}|$ при различных режимах работы

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федосеев Л.И., Божков В.Г., Геннеберг В.А., Петров И.В., Шкаев А.П. Радиометр 3-миллиметрового диапазона длин волн с модулятором-калибратором // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. 2007. Т. 50, № 10–11. С. 948–953.

2. Божков В.Г., Геннеберг В.А., Куркан К.И., Перфильев В.И. Монолитные и квазимонолитные модули и устройства миллиметрового диапазона длин волн // Электронная промышленность. 2001. № 5. С. 77–97.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

3. Божков В.Г., Геннеберг В.А., Петров И.В., Семенов А.В. Волноводные управляющие модули на основе монолитной интегральной схемы // «АВИОНИКА-2003»: Труды второй Всерос. науч.-техн. конф. по проблемам создания перспективной авионики. Томск, 15–17 апр. 2003 г. Томск, 2003. С. 320–322.

4. Фуско В. СВЧ-цепи. Анализ и автоматизированное проектирование: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1990. 288 с.

5. Гупта К., Гардж Р., Чадха Р. Машинное проектирование СВЧ-устройств: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1987. 432 с.

## САМОВОЗБУЖДЕНИЕ ВЗАИМНО ОБРАЩЕННЫХ СВЕТОВЫХ ВОЛН В НАНОКОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМАХ

***Е.С. Юрков, С.О. Чечулин, Д.А. Конкин, студенты 5-го курса;***
***С.А. Михнов, А.А. Шибельгут, аспиранты;***
***Р.В. Литвинов, к.ф.-м.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, каф. РЗИ, Babylon5@mail.ru*

Рассмотрим взаимодействие четырех плоских световых волн в наноколлоидной системе. Векторная диаграмма взаимодействия показана на рис. 1. При произвольной поляризации этих волн их интерференция приводит к образованию шести пространственных интерференционных решеток [1].

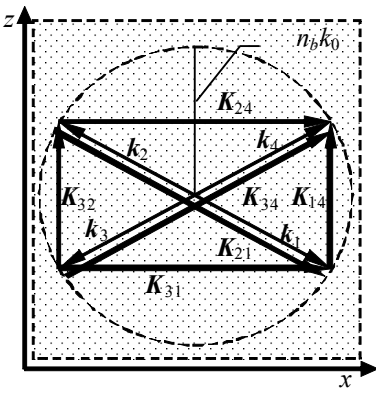



Рис. 1. Схема четырехволнового взаимодействия в наноколлоидной системе

Вследствие пространственной неоднородности интенсивности $I = \boldsymbol{E}\boldsymbol{E}^*$ общего светового поля $\boldsymbol{E}$ на наночастицы в системе действует градиентная сила света [2]. Действие этой силы приводит к изменению локальной концентрации наночастиц $N$, которое в установившемся состоянии следующим образом связано с интенсивностью $I$ [2]:

$$N = N_0 \exp\left[I\alpha/(4k_B T)\right] \approx N_0\left[1 + I\alpha/(4k_B T)\right], \qquad (1)$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

где $\alpha=\varepsilon_0 V_{эф}$ – поляризация частицы [3]; $V_{эф}=3V_p n_b^2\left(n_p^2-n_b^2\right)\Big/\left(n_p^2+2n_b^2\right)$ – эффективный объем наночастицы; $N_0$ и $V_p$ – концентрация и объем наночастицы соответственно; $n_b$ и $n_p$ – показатели преломления дисперсионной среды и наночастицы соответственно; $\varepsilon_0$, $k_B$ и $T$ – фундаментальная электрическая постоянная, постоянная Больцмана и абсолютная температура соответственно.

Изменение концентрации $N$ под действием светового поля возмущает диэлектрическую проницаемость системы, которая в приближении Максвелла–Гарнетта [3] может быть представлена в виде

$$\varepsilon_c=n_b^2+NV_{эф}\approx n_b^2+\varepsilon_0 N_0 V_{эф}^2 I\Big/\left(4k_B T\right). \qquad (2)$$

Возмущения диэлектрической проницаемости оказывают обратное влияние на световое поле. Вектор электрической напряженности этого поля подчиняется нелинейному уравнению Гельмгольца, которое в рассматриваемом случае может быть получено в виде

$$\nabla^2\mathbf{E}+k^2\left[n_b^2+\mathbf{E}\cdot\mathbf{E}^*\varepsilon_0 N_0 V_{эф}^2\Big/\left(4k_B T\right)\right]\mathbf{E}=0, \qquad (3)$$

где $k=2\pi/\lambda$ – волновое число в вакууме; $\lambda$ – длина волны.

Ниже рассмотрим частный случай взаимодействия, при котором волны *1* и 5 имеют одинаковое поляризационное состояние, ортогональное поляризационному состоянию волн 5 и 5 (см. рис. 1). В этом случае интерференционная структура содержит единственную пространственную решетку с вектором $\boldsymbol{K}=\boldsymbol{K}_{14}=\boldsymbol{k}_4-\boldsymbol{k}_1=\boldsymbol{K}_{32}=\boldsymbol{k}_2-\boldsymbol{k}_3$. Из уравнения Гельмгольца можно получить уравнения связанных волн, структура которых совпадает со структурой уравнений, полученных в работе [4] для случая вырожденного четвертьволнового взаимодействия на пропускающей фоторефрактивной решетке. В рассматриваемом здесь случае оно связано с формированием пространственной решетки наночастиц за счет действия на них градиентной силы света. При этом константа связи $\gamma$ может быть найдена в виде

$$\gamma=ik_0\varepsilon_0 N_0 V_{эф}^2\Big/\left(32n_b k_B T\right). \qquad (4)$$

Анализ усиления слабых световых волн *3* и *4* показывает, что режим самовозбуждения волны с обращенным волновым фронтом реализуется при выполнении условия

$$I_1+I_2\exp\left(\gamma I_0 d\right)=0, \qquad (5)$$

где $I_1$ и $I_2$ – интенсивности волн накачки, $d$ – длина взаимодействия. Как следует из анализа соотношений (4) и (5), условие самовозбуждения может быть выполнено при равенстве интенсивностей волн накачки ($I_1=I_2$) и фазовом набеге за счет взаимодействия, равном



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$\gamma I_0 d = in\pi$ ($n = \pm 1, \pm 2, \ldots$), который может быть обеспечен специальным подбором оптимальной длины взаимодействия $d_{\text{opt}} = in\pi/(\gamma I_0)$. На рис. 2 представлены зависимости оптимальной длины взаимодействия от диаметра наночастиц полистирола ($n_p$ = 1,56), находящихся в воде ($n_b$=1,33), при разных относительных объемах $f = N_0 V_p$. При расчетах этих зависимостей суммарная интенсивность светового поля принималась равной $I_0=2I_1=2I_2=1\cdot10^{11}$ В$^2$/м$^2$.

Как следует из рис. 2, оптимальная длина взаимодействия $d_{opt}$ уменьшается как с увеличением относительного объема наночастиц $f$, так и с увеличением диаметра наночастиц $d_p$ при сохранении низменным их относительного объема. Причиной такой зависимости длины $d_{\text{opt}}$ является двоякое влияние наночастиц на величину нелинейного оптического отклика наноколлоидной системы. С одной стороны, увеличение их относительного объема $f$ при неизменных размерах возможно за счет увеличения концентрации частиц, которой пропорциональны нелинейные возмущения диэлектрической проницаемости [см. (3)], что является следствием коллективного вклада подсистемы наночастиц в нелинейный оптический отклик всей системы.

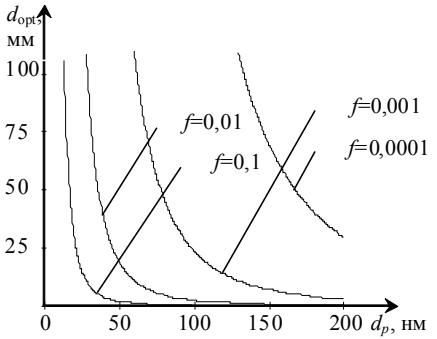



Рис. 2. Зависимости оптимальной длины взаимодействия от диаметра наночастиц полистирола при различном относительном объеме $f= N_0 V_p$

Поэтому выполнение условия самовозбуждения волны с обращенным волновым фронтом (5) становится возможным при меньших длинах взаимодействия. С другой стороны увеличение размеров наночастицы увеличивает ее индивидуальный вклад в этот отклик за счет увеличения ее поляризации $\alpha$ внешним электромагнитным полем [см. экспликацию к формуле (1)], что также обеспечивает самовозбуждение обращенной волны при меньших длинах взаимодействия.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (государственные контракты № П543 от 05.08.09, № П580 от 05.08.09, № П1917 от 29.10.09, № П2503 от 20.11.09).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Sturman B.I. // Physics Report. 1996. Vol. 275. P. 197.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

2. Агеев Е.Ю., Литвинов Р.В., Хатьков Н.Д., Загребин Л.В., Шестов С.С. // Квантовая электроника. 2009. № 39. С. 1 (

3. Борен К., Хафмен Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. М.: Мир, 1986.

4. Зозуля А.А., Тихончук В.Т. // Квантовая электроника. 1988. Т. 15, № 8. 1570 с.

## ИЗМЕРЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

***И.В. Антонишен, аспирант каф. РЭТЭМ;***
***М.В. Южанин, аспирант каф. СРС; В.И. Туев, д.т.н., проф.***
*г. Томск, ТУСУР, mxm@ms.tusur.ru*

Известны области применения радиотехнического оборудования, в которых недопустимо прекращение электропитания вследствие отказа химических источников тока (ХИТ): источники бесперебойного питания аппаратуры связи и вычислительной техники, аппаратура жизнеобеспечения в медицине и т.д. Надежность функционирования ХИТ в течение гарантированного срока обеспечивается их периодической заменой. Определение срока замены осуществляется по степени деградации значений внутренних параметров источников тока, к которым относятся, в частности, поляризационное сопротивление и емкость двойного электрического слоя на границе раздела электродов с электролитом [1–3].

В данной работе поставлена задача по разработке универсального прибора для измерения значений поляризационного сопротивления и емкости двойного электрического слоя химических источников тока различных электрохимических систем.

Проведенные предварительные исследования позволили предложить новый метод измерения внутренних параметров ХИТ. Функциональная схема устройства, реализующего предлагаемый метод измерения, приведена на рис. 1.

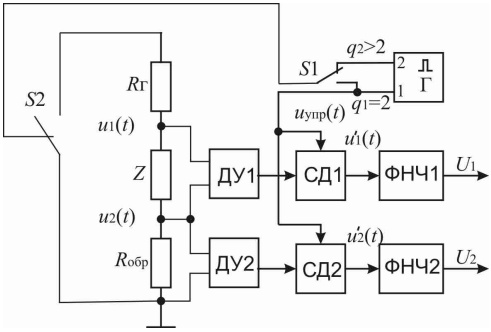



Рис. 1. Функциональная схема устройства измерения значений внутренних параметров ХИТ



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Устройство содержит генератор импульсных сигналов Г с двумя синхронными выходами, гасящий резистор $R_г$, образцовый резистор $R_{обр}$, синхронные детекторы СД1 и СД2, дифференциальные усилители ДУ1 и ДУ2, фильтры нижних частот ФНЧ1 и ФНЧ2. Внутреннее сопротивление ХИТ обозначено *Z*. На первом из выходов присутствует импульсный сигнал со скважностью $q_1 = 2$, а на втором – импульсный сигнал с большей скважностью [4].

При скважности импульсов $q = 2$ сигнала генератора (в нижнем положении переключателя *S*1 на рис. 1) рассчитанное значение

$$R_{расч} = \frac{U_1}{U_2} R_{обр}$$

определяет модуль комплексного сопротивления измеряемого двухполюсника на частоте генератора.

Расчетная зависимость погрешности (δ) измерения модуля комплексного сопротивления в зависимости от нормированной постоянной времени (τ – постоянная времени внутреннего сопротивления ХИТ; *T* – период следования импульсов) приведена на рис. 2 [5].

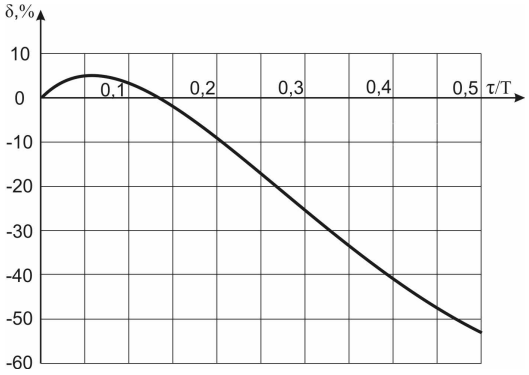



Рис. 2. Погрешность измерения омического и поляризационного сопротивлений в зависимости от нормированной постоянной времени

Из рис. 2 следует, что в точке пересечения графика с горизонтальной осью существует потенциальная возможность получения минимальной погрешности измерения сопротивлений.

При скважности импульсов $q > 2$ сигнала генератора (в верхнем положении переключателя *S*1 на рис. 1) рассчитанное значение $R_{расч}$ определяет значение поляризационного сопротивления измеряемого ХИТ [5, 6].

Таким образом, в работе предложен метод измерения полных сопротивлений химических источников тока, включающий измерение модуля комплексного сопротивления и его действительной части. Сущность метода заключается в изменении скважности импульсов тока, пропускаемых через ХИТ при постоянной скважности сигнала на



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

управляющих входах синхронных детекторов, что позволяет при неизменной схемной реализации устройства измерять два параметра полного сопротивления цепи – модуль комплексного сопротивления и значение поляризационной составляющей.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Таганова А., Федоров А., Сарапов С. Современные анализаторы качества и технического состояния аккумуляторов и батарей // Компоненты и технологии. 2007. №6. С. 112–115.

2. Ольховский С.В. Определение параметров химических источников тока частотным методом // Системи обробки інформації. 2009. №1 (75). С. 88–92.

3. Кононов Б.Т., Ольховский С.В. Моделирование физических полей // Системи обробки інформації. 2006. №5 (54). С. 135–141.

4. Южанин М.В., Туев В.И. Использование импульсных сигналов в устройстве для измерения полных сопротивлений двухполюсных электрических цепей // Научная сессия ТУСУР–2008: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф.: В 5 т. Томск: В-Спектр, 2008. Т. 2. С. 258–260.

5. Туев В.И. Измерение сопротивлений двухполюсников с применением импульсного сигнала // Изв. Том. политех. ун-та. 2006. №1. С. 178–182.

6. Туев В.И., Южанин М.В. Расчет дополнительной погрешности измерения сопротивлений двухполюсных цепей в условиях помех // Электросвязь. 2009. №3. С. 38–40.

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОДОВ ГОЛДА И М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

***А.С. Загородний, студент 5-го курса***

*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ*

В последнее время широкую популярность приобрели способы передачи информации с кодовым разделением каналов (CDMA). Это позволяет разделять каналы с использованием сигналов одной несущей частоты за счет специальных кодов. Одним из вариантов таких кодов являются коды Голда, отличающиеся очень низким уровнем взаимной корреляции. Целью данной работы является анализ разработанной в пакете динамического моделирования Simulink модели исследования корреляционных свойств различных кодов Голда.

Коды Голда являются видами псевдослучайных последовательностей, могут быть получены путем сложения по модулю два двух последовательностей максимальной длины (М-последовательностей). На рис. 1 представлена модель формирования кода Голда на основе двух М-последовательностей длиной 1023 с образующими полиномами $M1=1+X^3+X^{10}$ и $M2=1+X^2+X^3+X^6+X^8+X^9+X^{10}$. М-последовательности формируются на регистрах со сдвигами.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

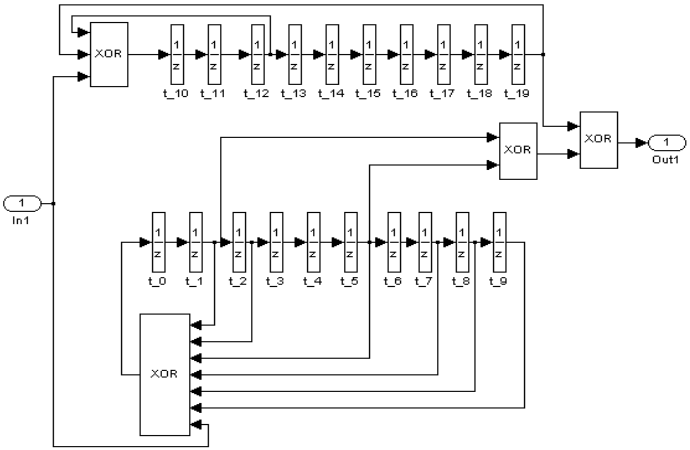



Рис. 1. Модель формирования кода Голда в Simulink

На основе данной модели путем изменения выводов с регистров можно получать необходимые для анализа коды.

На рис. 2 приведена основная часть модели цифровой корреляции, с помощью которой можно исследовать автокорреляционные и взаимокорреляционные свойства кодов. На рис. 3 отображена блок-схема модели.

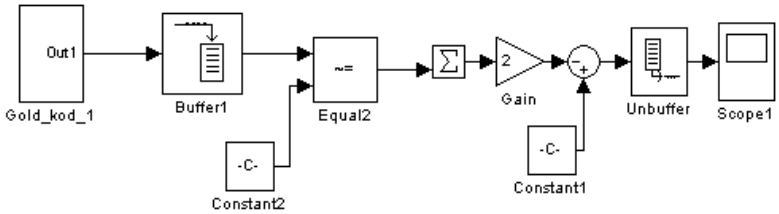



Рис. 2. Часть модели цифровой корреляционной обработки в Simulink

В качестве примера анализа зададим в качестве опорной код Голда длиной 1023 и проанализируем корреляционные свойства с этим же кодом, с обратным кодом, но сдвинутым на некоторое время, и взаимную корреляцию со схожим кодом Голда, полученным путем изменения 2 выводов регистров сдвига. На рис. 4 приведены графики, отражающие уровень выходных сигналов для этих трех случаев (сверху вниз соответственно).

По вертикальной оси – значение корреляционной функции; по горизонтальной оси – время анализа (длительность одного элемента кода соответствует единице).



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

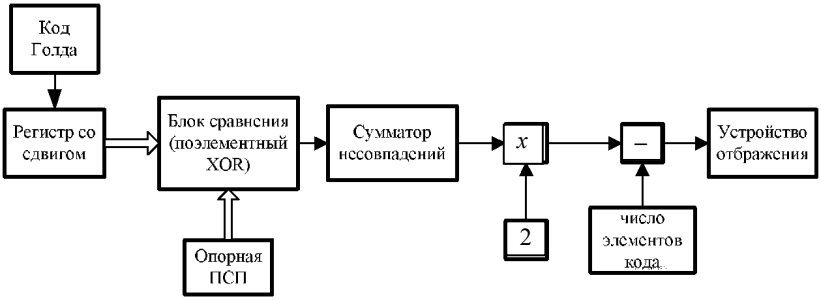



Рис. 3. Блок-схема модели корреляционной обработки

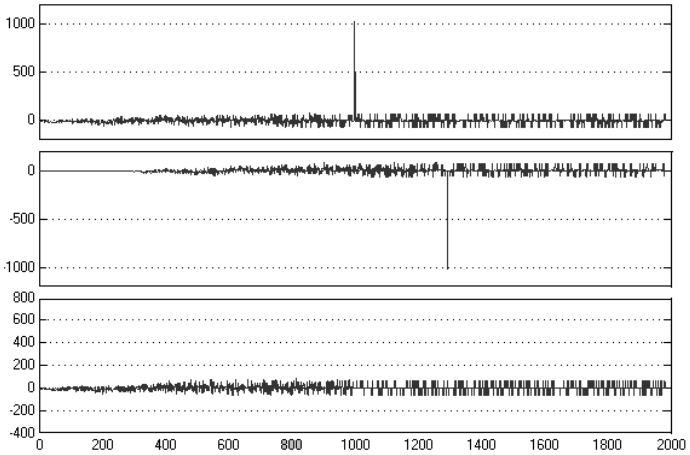



Рис. 4. Выходные сигналы модели

Из двух верхних графиков наглядно видны выбросы корреляционной функции. Отрицательный выброс соответствует приходу обратной последовательности по сравнению с опорной. Из нижнего графика видно, что значение взаимокорреляционной функции мало на всем отрезке анализа (составляет менее 8% от максимального значения автокорреляционной функции). Это имеет большое значение при организации связи, так как большие выбросы взаимокорреляционной функции могут приводить к ошибкам приема информации.

С помощью описанной модели возможно исследование корреляционных свойств кодов Голда, различных М-последовательностей одинаковой длины, а также их смеси с различными шумами. Исследование подобных псевдослучайных последовательностей является важной задачей при построении систем передачи информации с кодовым разделением каналов, так как выбор оптимальных ПСП позволяет увеличить вероятность достоверного приема информации.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

*СЕКЦИЯ 15*

# ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

*Председатель – **Черепанов О.И.**, д.ф.-м.н., профессор каф. ЭСАУ;*
*зам. председателя – **Шидловский В.С.**, к.т.н., доцент каф. ЭСАУ*

## МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ

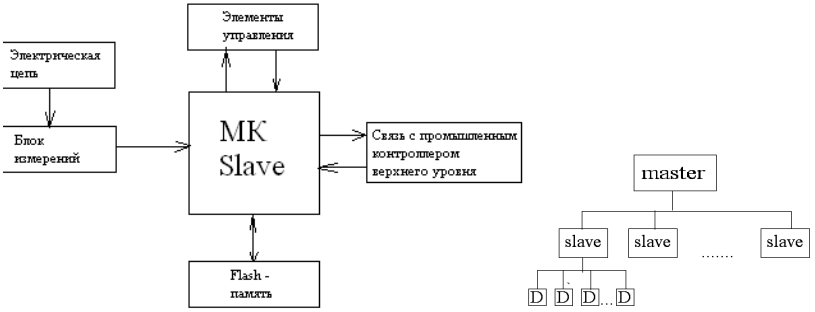
***В.И. Апасов, Ф.И. Яковлев, студенты 3-го курса***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, vovaap@mail.ru, yakovlevf@sibmail.com*

На сегодняшний момент всё большее внимание требует к себе проблема качественного обеспечения электроэнергией потребителей. Неэкономное использование электрической энергии, а также наличие помех в сетях питания приводят к возможности выхода из строя всей системы энергоснабжения. Устройством, способным заметно улучшить ситуацию в данной сфере, является компенсатор реактивной мощности и мощности искажений (КРМиМИ). Задачей нашей проектной группы являются разработка и проектирование одного из узлов компенсатора, который отвечает за мониторинг электрической сети. Структурная схема разрабатываемого устройства представлена на рис. 1, *а*. Действие микропроцессорной системы сбора данных (МССД) заключается в следующем [1, 2]. Цикл сбора данных начинается с того, что управляющий микроконтроллер производит опрос блока измерений, который в свою очередь состоит из датчиков напряжения, тока и фазы, определяющих параметры сети. Происходит преобразование полученной информации (аналоговых параметров) с датчиков в соответствующий цифровой код. Затем производится запись полученной информации в энергонезависимую flash-память, после чего заново запускается цикл аналогово-цифрового преобразования. В случае поступления запроса от управляющего микроконтроллера МССД передает данные, хранящиеся в памяти, не прекращая при этом мониторинга сети.

В случае наступления экстренной ситуации (повышения мощности потребления, повышения внутренней температуры и др.) микроконтроллер системы уменьшает внутреннее потребление тока или же происходит отключение системы. При этом происходит обращение к управляющему микроконтроллеру с указанием о начале работы в критическом режиме.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)




*а* *б*

Рис. 1. Структурная схема разрабатываемого устройства (*а*); структурная схема организации связей в системе (*б*)

Разработка системы компенсации мощности находится в начальной фазе и на настоящий момент не определен полный перечень измеряемых параметров, в связи с чем мы временно ориентируемся на значения напряжения сети 0,4 кВ, силу тока до 16 А с частотой 50 Гц, т.е. рассматривается обычная питающая электрическая сеть. В качестве управляющего элемента мы используем микроконтроллер ATmega 16 [3], который может обеспечивать качественные измерения лишь на частоте 125 кГц. При необходимости увеличения быстродействия мониторинга данный микроконтроллер (МК) будет заменен в дальнейшем на более быстродействующий МК, например производства фирмы Motorolla, либо будет использоваться внешний АЦП. Для отработки методов контроля и сбора информации была разработана отладочная плата, принципиальная схема которой представлена на рис. 2.

Питание данной платы осуществляется через внешний стабилизированный источник тока напряжением 5 В. В последующем предусмотрено размещение стабилизатора питания на плате. Блок индикации в отладочной плате выполнен на светодиодах, подключенных к порту **B** микроконтроллера, на котором в двоичном коде отображается полученная информация, например код ошибки. В дальнейшем предусмотрено также производить вывод информации на LCD-дисплей, который будет выполнен в виде отдельного модуля. Общий сброс системы осуществляется при подаче логического «0» на выход «RESET» МК через токоограничительный резистор. Блок управления в отладочной плате организован на кнопках, размещенных на порту **A**. С его помощью производится настройка параметров работы [3, 4]. В дальнейшем управление полностью возьмет на себя контроллер верхнего уровня.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

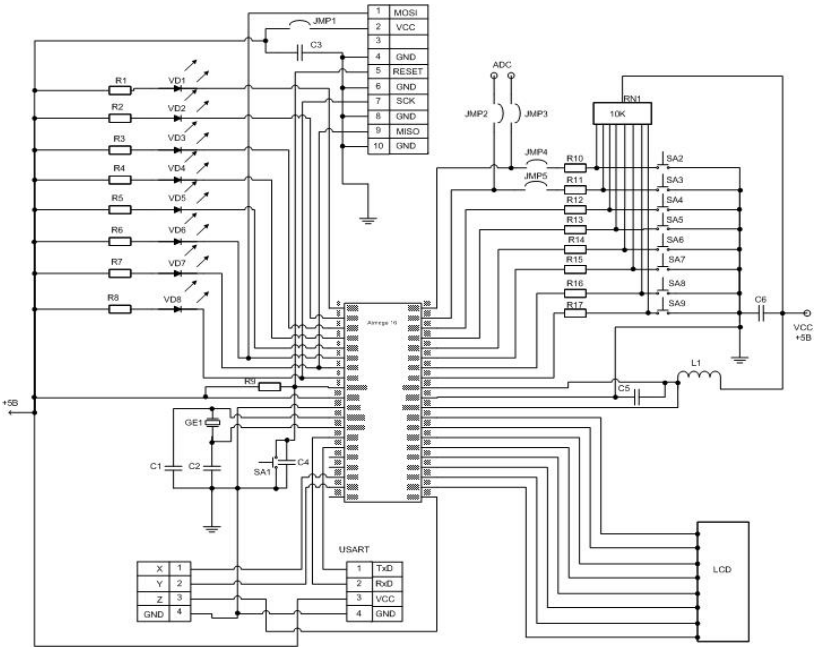



Рис. 2. Отладочная плата

Для отработки навыков преобразования аналогового сигнала в цифровой, а также методов измерения и приобретения опыта работы с датчиками в состав отладочной платы включено устройство АЦП, которое организовано по принципу дифференциального сравнения, т.е. в качестве опорного сигнала сравнения выбирается не напряжение питания МК, а сравниваются напряжения на выходах **PA0** или **PA1.** Для уменьшения помех предусмотрен LC-фильтр [5].

Также предусмотрены разъемы для выхода ШИМ, USART, LCD, что позволит отработать навыки передачи отображения информации на другое устройство, а также ее хранения, которое сейчас предусматривается на ПК.

Для удобства работы на отладочной плате предусмотрен разъем для программатора, в качестве которого нами использован программатор STK 200/300, разработанный для порта LPT.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Медведков В.В. Автоматизированные системы мониторинга электрических систем // Семинар АНАРЭС. Иркутск, 2002.

2. Бабин А.И. Автоматизированные системы мониторинга электропотребления и расчеты режимов электрических цепей. М.: НИРИТ, 2003.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

3. Сайт технической поддержки Atmel [Электронный ресурс]. Режим доступа: http:\\www.atmel.ru, свободный.

4. Шарапов А.В. Основы микропроцессорной техники: Учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. 188 с.

5. Тремперт В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR-микроконтроллеров: Пер. с нем. Киев: МК-Пресс, 2006. 208 с.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ УСТРОЙСТВ

***М.Е. Егоренко, студентка 5-го курса;***
***С.В. Шидловский, д.т.н., проф.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭСАУ, elaric@sibmail.com*

В настоящее время происходит бурное развитие средств вычислительной техники и переход от вычислительных архитектур последовательного принципа функционирования к параллельным, о чем свидетельствуют последние разработки ведущих компаний в области микропроцессорной техники. В связи с этим также происходит прорыв в области интегральных технологий и появляется возможность построения целых систем на кристалле. Это требует, в свою очередь, разработки специального алгоритмического обеспечения и решения вопросов его применения в различных областях науки и техники (теории автоматического управления, цифровой обработки сигналов и изображений, экспертных систем, биоинформатики и др.). Результаты проведенных исследований в этой области позволяют получать высокопроизводительные вычислительные среды, обеспечивать модульность, мобильность, высокую надежность, реконфигурируемость аппаратно-программных автоматов, инвариантность алгоритмов к аппаратной платформе.

Один из способов реализации таких сред предоставляют программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). В настоящее время они находят самое широкое применение в повседневной жизни. В течение многих лет разработчики оборудования используют ПЛИС в различных электронных устройствах. Популярность данной технологии обусловлена малыми размерами устройств, скоростью их работы, малым энергопотреблением, гибкостью по отношению к обновлению логики работы ядра ПЛИС.

Обычно программирование ПЛИС микросхем требует от пользователя знания достаточно сложных языков. Однако новая технология реконфигурируемого ввода/вывода (Reconfigurable Input/Output – RIO)



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

National Instruments позволяет существенно сократить время, затрачиваемое на обучение инженеров программированию ПЛИС. Кроме этого, технология RIO предоставляет пользователям LabVIEW возможность графического программирования и конфигурирования ПЛИС в приложениях измерений и автоматизации [1].

**Технология реконфигурируемого ввода/вывода** (reconfigurable input/output – RIO) предоставляет возможность создания на аппаратном уровне контрольно-измерительных систем при использовании программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и инструментария среды графической разработки приложений LabVIEW (рис. 1). Основой данной технологии является ПЛИС и окружающие ее электрические цепи, которые с помощью LabVIEW позволяют на их базе проводить синтез различных электронных схем.

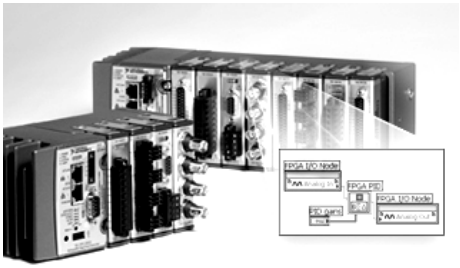



Рис. 1. Внешний вид аппаратной части Compact RIO

Использование технологии реконфигурируемого ввода/вывода является оптимальным решением при разработке перенастраиваемых электрических цепей в приложениях управления вводом/выводом и при реализации коммуникационных протоколов. Используя принципы потокового программирования в LabVIEW, можно синтезировать логику работы ПЛИС с целью реализации на её базе необходимых электронных схем и коммуникационных протоколов. Кроме этого, возможно использование встроенных в LabVIEW функций для обработки сигналов, а также для дискретного линейного и нелинейного управления при построении цифровых управляющих систем и аналоговых управляющих систем с частотами.

**Разработка реконфигурируемого оборудования, ориентированного на выполнение специфических приложений.** Гибкость реконфигурируемых устройств ввода/вывода позволяет пользователям LabVIEW самостоятельно разрабатывать аппаратную структуру контрольно-измерительных систем. Используя технологию RIO, можно на



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

аппаратном уровне создавать и перенастраивать связи между электрическими цепями, входящими в состав системы.

Разработчики, внедрившие технологию RIO в свои приложения, пользуются всеми преимуществами совместной работы микросхемы ПЛИС и LabVIEW для достижения нового уровня производительности. Технология RIO поддерживает комплексную обработку сигналов, управление циклами и цифровыми операциями в режиме одновременной работы с различными линиями ввода/вывода. Эти возможности позволяют пользователям на базе 32-разрядной ПЛИС разрабатывать управляющие системы.

На основе этой технологии может быть построен ПИД-регулятор – наиболее распространенный в промышленности алгоритм регулирования, например для управления теплотехническими, гидродинамическими и массообменными процессами. Для синтеза системы регулирования с использованием инструментов библиотеки ПИД-регулирования LabVIEW достаточно вставить виртуальный инструмент (рис. 2) в поле редактора диаграмм и задать для него соответствующие входные и выходные переменные [2]. Использование при этом Compac tRIO позволяет получить высокопроизводительное устройство.

Рис. 2. «Виртуальный инструмент» ПИД-регулятор

Концепция технологии виртуальных приборов базируется на предоставлении ученым и инженерам инструментария для создания своих пользовательских контрольно-измерительных систем. Появление устройств с поддержкой реконфигурируемого ввода/вывода (RIO) существенно расширяет возможности технологии виртуальных приборов и дает возможность создания высокопроизводительных устройств с параллельной вычислительной архитектурой. В будущем предполагается все более вовлекать системы реконфигурируемого ввода/вывода в технологию виртуальных приборов с целью создания более гибких пользовательских решений. Работа выполнена в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», проект 2.1.2/3265.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Сайт в сети Интернет: http://ni.com

2. Патрахин В.А., Кравец М.А. Особенности реализации алгоритмов регулирования библиотеки PID Control LabVIEW // ПиКАД. 2003. 3–4. С. 26–30.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ СТРУКТУРОЙ

***В.С. Елесин, студент 5-го курса;***
***В.С. Шидловский, к.т.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭСАУ*

В настоящее время системы управления объектами получают все большее распространение. В связи с этим повышаются и требования к их точности, быстродействию, компактности. Также необходимо разрабатывать все новые алгоритмы управления. Под корреляционно-экстремальными системами (КЭС) понимаются системы обработки информации, предоставленной в виде реализаций случайных функций, предназначенных для определения координат движения. Название данного типа систем определяется тем, что в них в той или иной степени используется корреляционная связь между реализациями случайных функций, а определение случайных величин (координат местоположения или их производных) осуществляется с помощью отыскания экстремума корреляционной функции или какой-либо другой статической оценки реализации случайных функций.

Основной задачей КЭС в рассматриваемых задачах является стабилизация движения аппаратов. Алгоритм стабилизации движения космического аппарата (КА) относительно центра масс на траектории входа в атмосферу должен решать две основные задачи.

Первая задача решается на большей части траектории полета и связана с некоторой приемлемой по точности реализации командной зависимости угла крена от времени. По тангажу и рысканию производится демпфирование возникающей угловой скорости. Управление КА осуществляется независимо.

Вторая задача решается на сравнительно малом по длительности полета промежутке времени перед входом КА в атмосферу и связана с достижением требуемой для начала управляемого движения в атмосфере ориентации аппарата. Поскольку исходное положение КА может быть произвольным, а конечное задано, то, по существу, происходит пространственная переориентация аппарата.

К алгоритмам стабилизации наряду с основными требованиями обеспечения устойчивости заданного движения предъявляются дополнительные требования, например:

1) Минимизация интеграла от рассогласования по углу за время переходного процесса.
2) Минимизация затрат топлива на стабилизацию.
3) Минимизация закона обратной связи, позволяющая получить решение в замкнутой форме.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

При алгоритмическом подходе к решению задачи стабилизации особое значение приобретают вопросы адаптации к изменяющимся условиям. Адаптация реализуется в многошаговом процессе принятия решений путем настройки параметров алгоритма стабилизации с учетом управляющих и возмущающих воздействий. Это соответствует регулированию с неполной информацией и активным ее накоплением в процессе управления [1].

Под изменением условий работы будем понимать не только изменение внешних воздействий, но и изменение характеристик самого объекта. Улучшить качественные показатели работы объекта можно изменением параметров настройки системы (коэффициента усиления, постоянных времени), управляющих воздействий, структуры системы (включение фильтров, выключение их и т.д.), а также и алгоритма управления. Такие изменения называются контролируемыми изменениями системы.

Контролируемые изменения, производимые в системе под влиянием изменения внешних условий, могут выбираться из некоторого набора функций, записанных в программе, или определяться самой системой в результате анализа текущей информации.

Существует множество корреляционно-экстремальных систем, используемых в навигации [2]. Рассмотрим три группы: первая – корреляционно-экстремальные координаторы, использующие радиолокационные карты местности. При построении аналоговых систем такого вида, как правило, используются корреляторы оптического типа, с помощью которых можно либо вычислять функцию взаимной корреляции сравниваемых изображений в одной фиксированной точке пространства ее аргументов, либо получать оптическое изображение этой функции для некоторой фиксированной области значений ее аргументов. Второй способ обладает преимуществом по сравнению с первым, однако исторически сначала появились системы, в которых оптический коррелятор вычисляет искомую функцию «по точкам».

Вторую группу образуют корреляционно-экстремальные астрокоординаторы. Такие корреляционно-экстремальные системы можно с успехом использовать для определения угловых координат космических летательных аппаратов.

И, наконец, третья группа – корреляционно-экстремальные координаторы для речных и морских судов. Эти средства можно разделить на два типа: неавтономные и автономные устройства. К неавтономным относятся те устройства, в состав которых входит как бортовая аппаратура, так и аппаратура, устанавливаемая вне судна (на берегах, на буях). Автономные устройства используют только бортовую аппаратуру.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

При решении описанного класса задач необходимо вычислять аналоги специализированных интегральных преобразований. При их вычислении наибольшего эффекта по быстродействию можно добиться на параллельных вычислительных архитектурах. Применение же реконфигурируемых вычислительных сред, для решения этих задач, позволяет создать высокопроизводительную подсистему, способную в нужный момент времени изменить свою структуру. При этом происходит изменение алгоритма функционирования системы на такой алгоритм, при котором адекватно решается задача управления при изменившихся внешних условиях.

Построение таких сред может осуществляться на основе перестраиваемых автоматов, в частности, на так называемом М-автомате, описание которого приведено в [3].

Работа выполнена в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», проект 2.1.2/3265.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Олейников В.А. Основы оптимального и экстремального управления. М.: Высш. шк., 1969. 296 с.

2. Белоглазов И.Н., Тарасенко В.П. Корреляционно-экстремальные системы. М.: Сов. радио, 1974. 392 с.

3. Шидловский С.В. Автоматическое управление. Перестраиваемые структуры. Томск: Томский государственный университет, 2006. 288 с.

## МЕТОД СЛЕЖЕНИЯ ЗА ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ОБЪЕКТА НА ПЛОСКОСТИ ПО ВИДЕОДАННЫМ

***Д.Н. Фёдоров, студент 4-го курса; В.В.; Щербаков, аспирант;***
***И.В. Шакиров, рук., к.т.н., доцент каф. ИИТ, с.н.с. ИФПМ СО РАН***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭСАУ, cloud69wind@sibmail.com*

Одной из областей применения компьютерного зрения является получении информации об объектах [1]. Целью настоящей работы является разработка метода определения траектории перемещения объекта в плоскости в реальном масштабе по видеоданным.

Задача делится на два этапа:

1. Калибровка камеры – получение масштаба изображения по отношению к реальному объекту и, собственно, определение линейных размеров объекта.

2. Слежение за объектом и определение траектории в заданном масштабе.



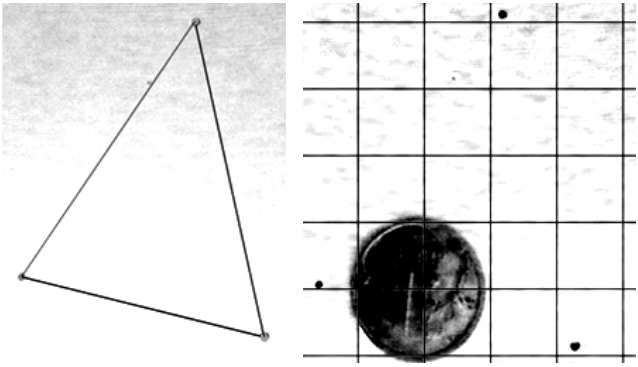
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**Калибровка камеры**

Для получения масштаба наносим на плоскость, в которой проводятся измерения, три маркера (три точки соединяются однозначно) на выбранном расстоянии в единицах длины. Получаем изображение плоскости, автоматически находим маркеры на изображении и измеряем расстояние в пикселях между ними (рис. 1, *а*). Сопоставляем реальный масштаб и масштаб изображения, в результате чего мы имеем соотношение: количество пикселей на единицу длины.

Далее без изменения расстояния между камерой и плоскостью проводится съёмка объекта в плоскости, в которой производилось вычисление масштаба. На получаемое изображение объекта программно накладывается сетка с полученным масштабом. Это позволяет оператору узнать линейные размеры объекта (рис. 1, *б*).

При выполнении такого рода измерений на качество результата сильное влияние оказывает оптика – аберрации оптических систем. Наиболее значимая из них для наших измерений – дисторсия. Дисторсия – это обусловленное тонкими внеосевыми наклонными пучками лучей искажение изображения оптических систем, при котором линейное увеличение изменяется по полю зрения [2]. В связи с этим возникает задача исправления дисторсии.



*а* *б*

Рис. 1. Определение линейных размеров: *а* – получение масштаба; *б* – измерение на примере рублевой монеты, масштабная сетка 1 см

**Слежение за объектом** осуществляется при помощи маркера, накладываемого на объект. Маркер имеет определённый цвет, отличный от цвета сцены. Поиск маркера осуществляется как определение центра масс пикселей заданного цветового диапазона по всему полю изображения. Когда маркер на изображении найден, вокруг него опреде-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ляется строб, в рамках которого будет происходить определение изменения положения маркера.

Для каждого кадра координаты объекта внутри строба вычисляются следующим образом (определение центра массы – центроидный алгоритм):

$$x = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} i \sum_{j=0}^{L-1} M_{ij}}{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} M_{ij}}, \quad y = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} j \sum_{j=0}^{L-1} M_{ij}}{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} M_{ij}},$$

где $x$, $y$ – оценки координат объекта в следящем стробе; $L \times L$ – размер следящего строба; $M$ – текущая яркость изображения внутри строба.

Затем центр строба сдвигается в рассчитанный центр объекта. Так, кадр за кадром, вычисляется координата маркера на плоскости (рис. 2).

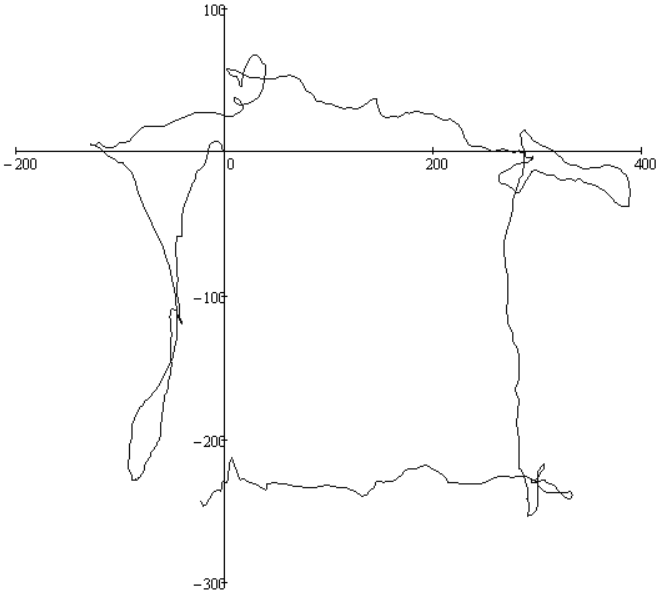



Рис. 2. График перемещения объекта

В ходе данной работы компьютерное зрение было использовано для выполнения поставленных задач по измерению линейных размеров объектов и слежения за передвижением маркера. Применение компьютерного зрения для решения первой задачи позволяет произво-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

дить измерения на расстоянии и оценивать информацию о размерах объекта оперативно. С помощью разработанного метода можно следить за процессами, скорость протекания которых не позволяет человеку непосредственно следить за состоянием объекта.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Титков В.В., Щербаков В.В., Шакиров И.В. Обзор задач компьютерного зрения // Научная сессия ТУСУР–2009: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 12–15 мая 2009 г.: В 5 ч. Ч. 4. Томск: В-Спектр, 2009. 352 с.

2. Федоров Д.Н., Кузовлев М.С. Обзор математической модели эффекта дистории в оптических системах с осевой симметрией // Научная сессия ТУСУР–2009: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 12–15 мая 2009 г.: В 5 ч. Ч. 4. Томск: В-Спектр, 2009. 352 с.

3. Форсайт Дэвид А., Понс Жан. Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. 928 с.

## АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ОДНОМЕРНОЙ ЗАДАЧИ ТЕЧЕНИЯ РАЗНОРОДНЫХ СРЕД

***А.Е. Карелин, доцент; Р.О. Черепанов, н.с.; О.И. Черепанов, проф.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭСАУ, oi_cherepanov@mail.ru.*

Одномерная задача гидродинамики и методы её решения исследованы настолько хорошо, что трудно предложить что-либо новое в этой области. Однако в большинстве работ рассматриваются либо относительно кратковременные процессы, соответствующие нескольким временам пробега упругой волны в среде, либо решения задачи с позиций гидравлики, когда процесс течения уже можно считать стационарным. Поэтому задача исследования переходных процессов и применимости известных методов решения задач гидродинамики для моделирования течения на длительных временных интервалах представляется достаточно актуальной и в настоящее время. Кроме того, недостаточно изучены особенности течения разнородных сред. Необходимость применения численных методов для решения задачи течения разнородных сред предопределяется зависимостью характеристик от координаты и времени, а также нелинейностью дифференциальных уравнений. Система уравнений одномерного течения вязкой сжимаемой среды [1–5] в цилиндрическом канале имеет вид

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u)}{\partial x} = 0, \qquad (1)$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t}+\frac{\partial\left(\rho u^2\right)}{\partial x}=-\frac{\partial P}{\partial x}-\frac{2\mu}{D^2}u-\frac{\lambda\rho}{2D}u^2+X, \qquad (2)$$

Здесь $t, x, D, u, \rho, P, \mu, \lambda, X$ – время, продольная координата, диаметр канала, средняя скорость течения, плотность, давление, коэффициент динамической вязкости, гидравлическое сопротивление и массовая сила соответственно.

Коэффициент гидравлического сопротивления определяется на основе модифицированного закона трения Прандтля

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}=\frac{2}{n^{3/4}}\lg\left(\mathrm{Re}^*\sqrt{\lambda^{2-n}}\right)-\frac{0{,}8}{n^{6/5}},\ \mathrm{Re}^*=\frac{uD\rho}{k(u/D)^{n-1}}, \qquad (3)$$

где $k, n$ – параметры, определяющие нелинейную вязкость среды.

При моделировании процессов течения с относительно малым избыточным давлением использовались уравнения состояния жидкости и идеального газа в форме:

$$P=P_0+K_{\text{ж}}\left(\rho_{\text{ж}}/\rho_{0\text{ж}}-1\right),\ P=\rho_{\text{г}}R_{\mu}T\ , \qquad (4)$$

где $K_{\text{ж}}, \rho_{\text{ж}}, \rho_{0\text{ж}}, P_0, \rho_{\text{г}}, R_{\mu}, T$ – модуль объемного сжатия, текущая и начальные плотности жидкости, начальное давление, плотность газа, газовая постоянная, температура (К) соответственно.

Решение уравнений (1)–(4) проводилось по описанной в [2] численной схеме с искусственной вязкостью, предложенной В.Ф. Куропатенко [1]. В области контакта разнородных сред использовалось уравнение состояния смеси, которое строится по схеме, предложенной Р.А. Кректулёвой [6].

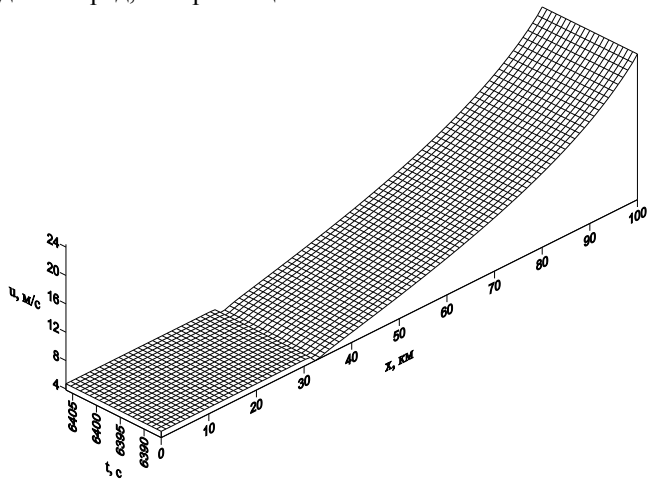
Для апробации разработанного алгоритма были рассмотрены задачи о распространении звуковой волны в однородных средах (вода, воздух), которые показали, что метод дает физически корректное решение на малых временных интервалах. При проведении расчетов продолжительных процессов, характерных для задач перекачки жидкости по трубам, решение с хорошей точностью сходится к известным решениям стационарных задач.

В качестве примера решения более сложной задачи моделирования движения разнородных сред на рис. 1 приведены результаты расчета скоростей частиц среды в разных пространственных точках в случае последовательной перекачки воздуха и воды по трубе диаметром 1,2 м и длиной 100 км. Среды движутся под действием плавно нарастающего (время выхода на максимум – 1000 с) от 0,1 до 1,1 МПа давления на левом конце (координата $x$ = 0) и постоянном давлении 0,1 МПа при $x$ = 100 км. В начальный момент труба заполнена неподв-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

вижным воздухом при нормальном давлении. Через 10 с процесса на левом конце трубы вместо воздуха начинается подача воды, что влечет резкое изменение распределения скоростей частиц в пространстве. На рисуноке представлен процесс постепенного медленного продвижения жидкости со скоростью около 4 м/с (показана ситуация, когда граница раздела находится на расстоянии около 32 км от начала трубы), и гораздо более быстрого движения воздуха (24 м/с) на выходе из трубы. При этом в обеих средах продолжаются волновые процессы с относительно малой амплитудой колебаний, идущие со скоростью звука в каждой из сред, которые ещё не погашены полностью из-за вязкости.




Пример расчета распределения скоростей частиц среды по длине трубы при переходе от подачи воздуха к перекачке воды

Предложенный алгоритм расчета представляется перспективным для исследования нестационарных процессов в трубопроводах на больших временных интервалах, а при объединении с соответствующими системами измерений параметров течения в реальных условиях – и для решения задач идентификации.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Рождественский Б.Л., Яненко Н.Н. Системы квазилинейных уравнений. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978. 688 с.

2. Нох В.Ф. СЭЛ – совместный эйлерово-лагранжев метод для расчета нестационарных двумерных задач // Вычислительные методы гидродинамики. М.: Мир, 1967. С. 128–184.

3. Гусейнзаде М.А., Юфин В.А. Неустановившееся движение нефти и газа в магистральных трубопроводах. М.: Недра, 1981. 232 с.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

4. Островский Г.М. Прикладная механика неоднородных сред. СПб.: Наука, 2000. 339 с.

5. Астарита Дж., Марруччи Дж. Основы гидромеханики неньютоновских жидкостей. М.: Мир, 1978. 310 с.

6. Кректулёва Р.А. Компьютерное конструирование высокопрочных градиентных материалов, работающих при динамических нагрузках // Проблемы прочности. 2003. №1. С. 117–127.

## МЕТОД КОРРЕКЦИИ ИСКАЖЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО УВЕЛИЧЕНИЯ В ВИДЕОПОТОКЕ

***В.В. Титков, студент 4-го курса; В.В. Щербаков, аспирант;***
***И.В. Шакиров, рук., к.т.н., доцент каф. ЭСАУ,***
***с.н.с. ИФПМ СО РАН***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭСАУ, titkov.vladimir@gmail.com*

В современных технических устройствах формирования изображений (фото- и видеокамерах) для передачи световых лучей на воспринимающий элемент наиболее широко применяются линзы, а чаще – системы линз (объективы), что, кроме существенных плюсов, имеет и минусы – оптические искажения, связанные с физикой линз. В системах наблюдения, фотограмметрии, работах с измерениями по изображениям геометрические искажения изображения объекта вредны и требуют учёта либо коррекции. Наиболее часто в объективах встречается эффект неравномерности линейного увеличения на поле зрения, или *дисторсия*. Это искажение изображения оптических систем, обусловленное тонкими внеосевыми наклонными пучками лучей. При этом нарушается подобие между объектом и его изображением (рис. 1) [1].

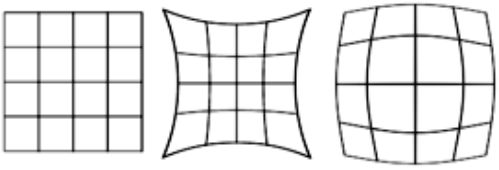


Рис. 1. Эффект дисторсии. Слева направо: оригинал, отрицательная дисторсия, положительная дисторсия

Целью настоящей работы является разработка метода исправления эффекта дисторсии в видеоданных как в процессе постобработки, так и во время съёмки (в реальном масштабе времени).

Для решения данной задачи был разработан алгоритм, включающий следующие пункты:



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

1. Калибровка видеокамеры на предмет геометрических искажений.

2. Исправление дисторсии.

3. Оценка качества изображения на предмет дисторсии.

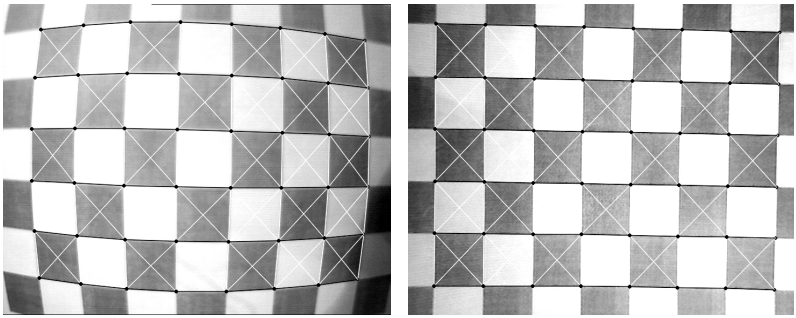
***Калибровка камеры*** производится в три шага:

1. Получение координат изображений маркеров при съёмке эталонного объекта – «шахматной доски»; маркерами являются стороны квадратов (рис. 1).

2. Составление матрицы дисторсии по координатам маркеров.

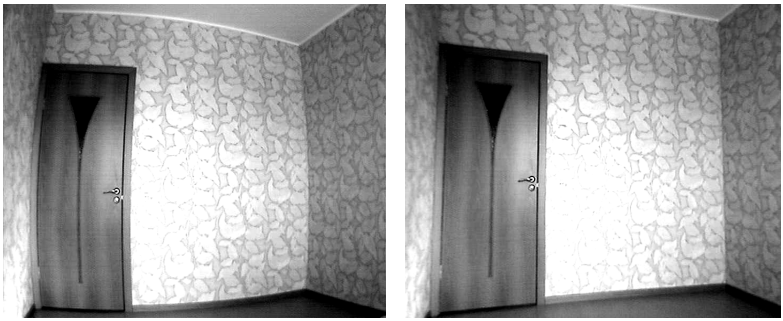
3. Вычисление коэффициентов пересчёта изображения.

***Исправление дисторсии*** производится путём перераспределения пикселей изображения с учётом коэффициентов пересчёта и установленной интерполяции.



*а* *б*

Рис. 2. Исходный (*а*) и корректированный (*б*) снимки «шахматной доски» с пометкой маркеров



*а* *б*

Рис. 3. Исходный (*а*) и корректированный (*б*) снимки камеры



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

***Оценка качества изображения на предмет дисторсии*** определяется как среднеквадратическая ошибка измерений длин сторон и диагоналей квадратов «шахматной доски». Стороны определяют искажение масштаба, диагонали – искажение формы.

Метод был реализован и протестирован в виде фильтра DirectShow, что позволяет гибко использовать его с различными источниками видеоданных – будь то файл видеозаписи, интернет-трансляция или реальная видеокамера.

Разработанный метод обработки видеопотока позволяет в реальном времени исправлять эффект дисторсии, что в значительной степени улучшает качество получаемой информации. Это особенно актуально при решении задач проведения измерений по изображениям. Применение данного метода снижает затраты на оборудование, поскольку теряется необходимость в приобретении дорогостоящих объективов с минимальными искажениями.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Федоров Д.Н., Кузовлев М.С. Обзор математической модели эффекта дисторсии в оптических системах с осевой симметрией //Научная сессия ТУСУР–2009: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 12–15 мая 2009 г.: В 5 ч. Ч. 4. Томск: В-Спектр, 2009. 352 с.

2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.

3. Хуанг Т.С., Эклунд Дж.-О., Нуссбаумер Г.Дж. и др. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений / Под ред. Т.С. Хуанга: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1984. 224 с.

4. Форсайт Дэвид А., Понс Жан. Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. 928 с.

## ТЕПЛОВОЙ ПРИЕМНИК ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗ МЕТАЛЛА С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

***В.Я. Ерофеев, к.ф.-м.н., с.н.с.; П.В. Выборнов, м.н.с.***

*г. Томск, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, yavay@sibmail.com*

Приемники оптического излучения широко используются в современной электронике, являясь основными или вспомогательными элементами многих измерительных устройств. Наибольшее распространение получили фотоэлектрические приемники (ФП) на основе внутреннего или внешнего фотоэффекта, в которых в качестве контактирующего вещества используются полупроводниковые материалы [1]. К существенным недостаткам ФП можно отнести сильную зависи-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

мость их свойств от температуры, значительный разброс характеристик, низкую лучевую стойкость и т.д. Предлагаемый нами тепловой приемник из металла с эффектом памяти формы способен заменить ФП в ближнем и среднем ИК-диапазоне, обладая при этом лучшими эксплуатационными характеристиками [2].

Принцип работы такого приемника основан на том, что поглощение им потока излучения приводит к повышению его температуры на величину, пропорциональную интенсивности падающего излучения. Приемник выполнен из сплава, претерпевающего обратимое полиморфное превращение при изменении температуры в интервале температур измерения (фазовый переход). В ходе превращения доля новой фазы изменяется пропорционально изменению температуры. Процесс имеет атермическую кинетику – при прекращении изменения температуры прекращается изменение соотношения долей фаз. Указанное превращение заключается в перестройке кристаллической решетки с понижением (повышением) симметрии кристалла, что приводит к изменению электронно-фононного взаимодействия в системе и, соответственно, к изменению электрического сопротивления датчика в целом.

В технике известны сплавы, в которых подобное изменение электрического сопротивления имеет отрицательный температурный коэффициент, по абсолютному значению в несколько раз больший, чем у обычных металлов. К таким сплавам относятся, например, квазибинарные соединения TiNi – TiCu с атомным содержанием меди от 15 до 28% [3]. Фазовые переходы в этих сплавах, которые идут вблизи комнатной температуры, сопровождаются резким изменением электросопротивления, при этом его температурная зависимость близка к линейной.

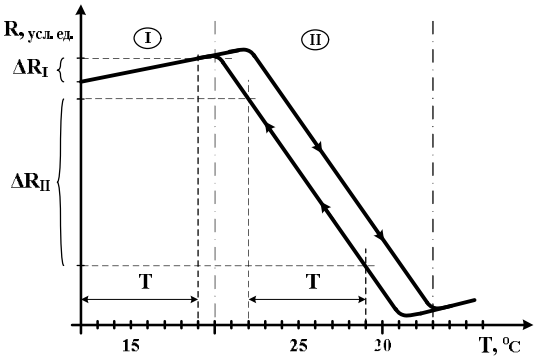



Рис. 1. Зависимость электросопротивления одного из соединений TiNi от температуры, где II – область фазового перехода.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Зависимость $R = f(T)$ (рис. 1) в области значений температур I имеет характер, свойственный обычным металлам, и описывается соотношением

$$R(T) = R_0 \cdot [1 + \alpha_T \cdot (T - T_0)], \quad (1)$$

где $R_0$ – сопротивление приемника при температуре $T_0$; $\alpha_T$ – температурный коэффициент сопротивления. Зависимость в области фазового перехода II характерна для материала предлагаемого приемника и имеет более сложный характер, обусловленный наличием петли гистерезиса. Тем не менее если рассматривать линейный участок петли в одном из направлений (нагрев или охлаждение), то для области II также справедливо выражение (1).

В табл. 1 приведены справочные данные по металлам, наиболее используемым в производстве тепловых приемников оптического излучения болометрического типа и датчиков температуры.

Таблица 1

**Справочные данные по металлам и сплаву**

| | | Платина | Никель | TiNi |
|---|---|---|---|---|
| Температурный коэффициент сопротивления | $K^{-1}$ | $3{,}9 \cdot 10^{-3}$ | $6{,}8 \cdot 10^{-3}$ | $10{,}3 \cdot 10^{-3}$ (II)<br>$1{,}47 \cdot 10^{-3}$ (I) |
| Удельное электросопротивление | Ом·м | $1{,}07 \cdot 10^{-7}$ | $8{,}7 \cdot 10^{-8}$ | $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ |
| Удельная теплоемкость | Дж/кг·К | 134 | 440 | ~ 200 |
| Плотность | г/см$^3$ | 21,4 | 8,9 | 6,5 |

Приведенные в табл. 2 результаты сравнительного расчета показывают, что предлагаемый приемник из сплава никелида титана способен полностью заменить существующие в настоящее время тепловые приемники и датчики температуры на основе металлов, обладая при этом более высокой чувствительностью.

Таблица 2

**Расчетные данные для образца площадью 1 мм$^2$ и толщиной 10 мкм**

| | | Платина | Никель | TiNi |
|---|---|---|---|---|
| Масса | г | $2{,}14 \cdot 10^{-4}$ | $8{,}9 \cdot 10^{-5}$ | $6{,}5 \cdot 10^{-5}$ |
| Электросопротивление образца при 293 К | мОм | 10,7 | 8,7 | 110 |
| Изменение электросопротивления образца ($\Delta T = 10$ К) | мкОм | 417 | 592 | 11330 |
| Энергия, затраченная на нагрев образца | мкДж | 287 | 392 | 130 |
| Дискретность измерения поглощенной энергии | нДж | 688 | 662 | 11,5 (II)<br>80 (I) |



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В области ближнего и среднего ИК-диапазона по ряду основных характеристик он не уступает полупроводниковым приемникам излучения. Приемник данного типа также может быть использован в других измерительных приборах, где изменение его температуры есть следствие пропорционального изменения искомого параметра.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Ишанин Г.Г. Источники и приемники излучения. СПб.: Политехника, 1991. 219 с.

2. Способ измерения мощности лазерного излучения: пат. 2345334 Рос. Федерация: МПК[7] G 01 J 5 / 58 / Выборнов П.В., Ерофеев В.Я.; заявитель и патентообладатель Томск. ИМКЭС СО РАН. № 2007133060/28; заявл. 03.09.2007; опубл. 27.01.2009, Бюл. № 3.

3. Ерофеев В.Я., Паскаль Ю.И. Кинетические и морфологические закономерности мартенситных превращений в сплавах Ti(NiCu) // ДАН СССР. 1986. Т. 286. С. 879–882.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

*СЕКЦИЯ 16*

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

*Председатель – **Михальченко Г.Я.**, д.т.н., профессор каф. ПрЭ;*
*зам. председателя – **Семенов В.Д.**, зам. зав. каф. ПрЭ по НР,*
*к.т.н., доцент*

### ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ СВЕТИЛЬНИК

***В.В. Бондарь, студент 5-го курса, каф. ПрЭ;***
***А.А. Зенин, магистрант ЭП***
*г. Томск, ТУСУР, bondar-vladimir@mail.ru*

В связи с возрастающей стоимостью электроэнергии и нехваткой электроэнергии как ресурса актуальность технологий энергосбережения в России постоянно растет. Одним из направлений энергосбережения является экономия электроэнергии, расходуемой на освещение, и, в частности, на освещение мест общего пользования жилых и нежилых помещений. Немаловажный вклад в стремительный рост технологий и их популярность создает решение правительства о предстоящем поэтапном прекращении производства ламп накаливания [1]. Несмотря на то, что до отмены ламп накаливания еще несколько лет, значительная часть жилищных управляющих компаний уже задумывается о переходе на более совершенные источники света. При этом сложилась ситуация, в которой потенциальные клиенты (управляющие компании) не могут сделать выбор технологии освещения и производителя. Виновниками сложившейся ситуации являются сами производители энергосберегающих светильников, предоставляя неточную либо заведомо неверную информацию, пользуясь незнанием клиентами различных технических тонкостей. Схожая ситуация сложилась не только в России. Соседние государства также заявляют о желании отказаться от использования ламп накаливания и при этом, так же, как и в России, они не имеют единого мнения о направлении дальнейшего развития технологий энергосбережения.

Целью данного проекта является создание модельного ряда интеллектуальных энергосберегающих светильников для нужд ЖКХ. Данные светильники будут обладать лучшими техническими и эксплуатационными показателями по сравнению с конкурентами, будут более удобными в использовании, более надежными.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Научно-технической задачей является разработка технических решений, позволяющих разработать энергосберегающие светильники, лишенные технических недостатков текущих коммерческих аналогов и при этом входящих в ту же ценовую категорию. Таким образом, разработка и внедрение данных решений позволят выпустить конкурентоспособную продукцию, лишенную большинства недостатков аналогов и обладающую лучшими эксплуатационными и экономическими показателями.

Данные продукты не являются принципиально новыми. Предлагаемые технические решения лишь позволяют разработать светильник с параметрами качественно нового уровня по сравнению с ближайшими аналогами.

В абсолютном большинстве предлагаемых на рынке продуктов энергосберегающий эффект достигается одним из следующих способов:

1) за счет более совершенного источника света;

2) за счет использования различного рода датчиков, включающих свет только в присутствии человека;

3) симбиоз первого и второго варианта.

В данном проекте предлагается применять третий вариант для люминесцентных и светодиодных светильников и второй вариант для галогенных. Но в отличие от аналогов наша продукция будет представлять собой действительно интеллектуальный энергосберегающий светильник. Производители аналогов, используя различные датчики, ограничиваются простейшими схемотехническими решениями. Данные блоки управления зачастую даже не имеют регулировок чувствительности, освещенности и времени горения лампы. В ряде случаев производители не устанавливают защиту ламп накаливания или люминесцентных ламп.

Мы же предлагаем реализацию блока управления светильником на основе микроконтроллера и схемы плавной регулировки яркости ламп, что создает такие плюсы, как:

– простая регулировка параметров (уровней шума, освещенности, длительности горения лампы и т.д.);

– интеллектуальная саморегулировка параметров за счет различного рода алгоритмов, реализованных в программном обеспечении микроконтроллера;

– простота настройки параметров при установке или наладке светильников за счет использования пульта дистанционного управления;

– дополнительная вандалозащищённость за счет отсутствия вынесенных за корпус светильника датчиков или регуляторов;

– в галогенном светильнике защита ламп от перегорания спиралей в момент включения;



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

– в люминесцентном светильнике ЭПРА с предварительным подогревом спиралей лампы, регулировкой яркости и защитой люминесцентных ламп от вредного влияния частых включений и холодного пуска;

– в светодиодном светильнике использование более качественного источника питания, продлевающего срок службы светодиодов;

– опционально установка акустической сигнализации, срабатывающей при вскрытии корпуса светильника;

– интеллектуальные алгоритмы работы в разное время суток, выбирающие оптимальный режим работы между экономией электроэнергии и продлением срока службы лампы;

Использование микроконтроллера позволяет вести независимый сбор статистических данных каждым светильником о времени горения в зависимости от освещенности и времени суток, зависимости потока жильцов от времени суток, скорость движения и количество жильцов. Данное решение – пожалуй, единственное доступное решение, позволяющее получить реальную статистическую информацию, которая позволит создать более эффективные светильники, рассчитать более оптимальные параметры, наглядно показать клиенту экономию на уровне отдельного светильника. Анализ полученных данных поможет осуществлять более точное прогнозирование сроков окупаемости, службы ламп, что позволит в свою очередь предоставлять максимально точную информацию потенциальным клиентам. Так как основной причиной использования данной продукции является именно экономия, подобные цифры, предоставленные общественности, играют роль высокоэффективной рекламы, как, например, результаты краш-тестов, длина тормозного пути и экономия топлива в рекламе автомобиля. При этом, так как статистическая функция реализуется программно на уже существующей аппаратной части, удорожания продукта не происходит.

Так как данная продукция рассчитана на использование в подъездах и других местах общего пользования жилых домов, то основными покупателями будут являться различного рода управляющие жилищные компании любой формы собственности, ЖКХ и иные юридические лица, связанные со строительством и обслуживанием жилых сооружений.

На данный момент завершается разработка аппаратной и программной частей блока управления источником света. Данный блок управления освещением послужит прототипом элементов управления, встроенных в светильники.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЕКТНОГО РЕЖИМА ИНВЕРТИРУЮЩЕГО DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ

***К.В. Бородин, м.н.с., аспирант;***
***Г.Я. Михальченко, науч. рук., д.т.н., проф.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, bkirill@hotbox.ru*

Под проектным режимом функционирования любого импульсного преобразователя будем понимать такой режим работы, при котором частота переменной составляющей выходного напряжения (тока) соответствует заданной проектной частоте тактового генератора. Данный проектный режим в математических моделях носит название одноциклового ($m = 1$) режима. Это определение введено в связи с неединственностью устойчивых периодических режимов работы нелинейных импульсных систем.

**Математическая модель.** Схема замещения стабилизатора напряжения приведена на рис. 1, при этом приняты следующие допущения: полупроводниковые приборы представлены идеальными моделями, конденсаторы и дроссели – элементами с сосредоточенными параметрами. Полное описание, получение математической модели и решение системы ОДУ приведены в [1].

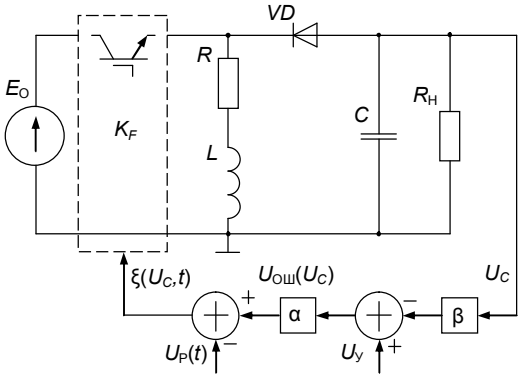



Рис. 1. Схема замещения преобразователя напряжения инвертирующего типа

На схеме введены следующие обозначения: $E_0$ – напряжение питания; $R$ – сопротивление, характеризующее потери в индуктивности и в регуляторе; $VD$ – диод; $L$ и $C$ – индуктивность и емкость фильтра преобразователя; $R_Н$ – сопротивление нагрузки; β – коэффициент передачи датчика обратной связи по выходному напряжению $U_C$; $U_У$ – управляющее (задающее) напряжение; α – коэффициент усиления пропорционального звена.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Параметры модели преобразователя: $E_0$ = 220 В; $P_н$ = 1000 Вт; $R$ = 1 Ом; $R_н$ = 160 Ом; $U_{оп}$ = 5 В; $f$ = 40 кГц; $\beta$ = 0,025; $\gamma_{макс}$ = 0,71; $U_y$ = 8 В; $L$ = изменяемая; $C$ = изменяемая.

Развертывающее напряжение $U_р(t)$ широтно-импульсного регулятора (ШИМ) формируется по закону однополярной нереверсивной модуляции (ОНМ-1). Построение картин бифуркаций и нахождение границы смены одноциклового многоцикловым с определением $\alpha_{кр}$ базируется на математическом аппарате [2–3].

Многочисленные расчеты показывают, что поверхности, ограничивающие области устойчивости различного типа периодических режимов, не являются монотонными. Наиболее ярко экстремумы негладких поверхностей проявляются на границе прерывистых токов. Получить количественные зависимости критических коэффициентов усиления ($\alpha_{кр}$) целесообразно в функции характеристического сопротивления $\rho = \sqrt{L/C}$ накопителей энергии.

Характер эволюции границы критического коэффициента усиления ($\alpha_{кр}$) преобразователя напряжения в диапазоне изменения величины емкости непрерывной части от 100 до 1000 мкФ представлен на рис. 2. По построенной зависимости $f\alpha_{кр} = (\alpha_{кр}, \rho)$ можно определить наиболее оптимальные значения пассивных элементов.

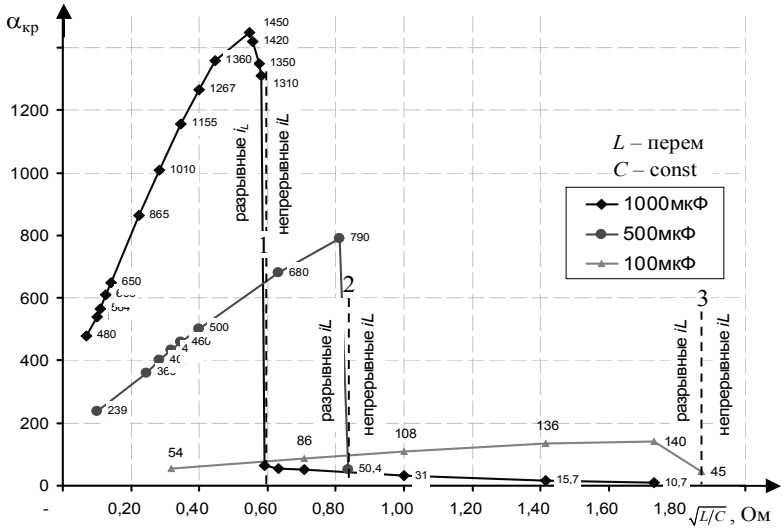



Рис. 2. Общая зависимость $\alpha_{кр}$ от характеристического сопротивления $\rho$ при разных емкостях конденсатора



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Обнаружено, что общая зависимость границы одноциклового режима от ρ при разных емкостях конденсатора имеет как почти линейный нарастающий и спадающий характер (при $L < L_{кр}$), так и нелинейный (при $L > L_{кр}$) с экстремумом функции в точке сопряжения. Экстремум соответствует значению индуктивности, при котором в преобразователе сменяется режим непрерывных токов (РНТ) прерывистым (РПТ). Таким образом, система имеет максимальную устойчивость на границе разрывных и неразрывных токов дросселя при $L = L_{кр}$, однако при $L > L_{кр}$ устойчивость системы с высокими значениями коэффициента усиления $\alpha = 1480$ резко снижается в 20 раз до значений $\alpha = 65$. Ширина области смены режимов составляет менее $\Delta\rho < 0{,}01$ и индуктивности $\Delta L < 10$ мкГн.

На основе полученных данных математической модели преобразователя выведена зависимость величины критического коэффициента усиления для РПТ (1) и РНТ (2) в функции от двух неизвестных:

$$f\alpha_{кр}(U_y, L) = 181{,}32 \cdot e^{0{,}036 \cdot U_y} + (4{,}8 - 0{,}23 \cdot U_y) \cdot L + 0{,}84; \qquad (1)$$

где $U_y$, [В] – величина управляющего напряжения ОС преобразователя; $L$ – величина индуктивности, измеряемая в мкГн.

$$f_{\alpha_{кр}}(U_y, L) = 19{,}368 \cdot e^{-0{,}26 \cdot U_y} + \left(251{,}4 \cdot e^{-0{,}253 \cdot U_y} + 20{,}65\right) \cdot e^{-L \cdot \left(0{,}142 \cdot \ln(U_y - 0{,}485) + 0{,}496\right)} + 1{,}421; \qquad (2)$$

$L$ – величина индуктивности, измеряемая в мГн.

Величина выходной емкости при получении зависимостей (1, 2) для РПТ равна 500 мкФ, для РНТ – 1000 мкФ.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Бородин К.В., Михальченко С.Г Математическое моделирование динамики инвертирующего DC/DC преобразователя напряжения // Доклады ТУСУР. 2008. №2 (18), ч. 2. С. 150–156.

2. Баушев В.С., Жусубалиев Ж.Т. О недетерминированных режимах функционирования стабилизатора напряжения с широтно-импульсным регулированием // Электричество. 1992. № 8. С. 47–53.

3. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Михальченко С.Г., Андриянов А.И. Нелинейная динамика полупроводниковых преобразователей. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. 224 с.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ.

***А.В. Гилёв, В.В. Дымов, студенты; А.В. Скороходов, аспирант***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, dimov_v_v@yahoo.com*

Давно известно, что в целом количество солнечной энергии, которое попадает на поверхность Земли за неделю, превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и урана [1]. Благодаря большой площади и широтной протяженности, у России объем технически доступных ресурсов возобновляемых источников энергии составляет не менее 24 млрд т условного топлива [2]. Энергоемкость российской экономики существенно превышает по паритету покупательной способности аналогичный показатель в США, Японии и странах Евросоюза, об этом говорится в докладе, подготовленном Российским союзом промышленников и предпринимателей. Суммарное энергопотребление России в 2007 г. составило порядка 990 млн т условного топлива, т.е. составляет 4,16% от потенциального [3].

В данной работе мы покажем, что солнечная энергия является серьезной альтернативой традиционной энергетике уже в настоящее время (рис. 1).

Прежде чем сравнивать различные энергетические технологии по экономическим и другим параметрам, определим их действительную стоимость, поскольку со временем в мире растет доля производство солнечной электроэнергии и одновременно снижается стоимость производства солнечной батареи.

Только при нормальном ценообразовании и создании правовой базы будут действовать экономические стимулы, направленные на энергосбережение и создание новых технологий в энергетике.

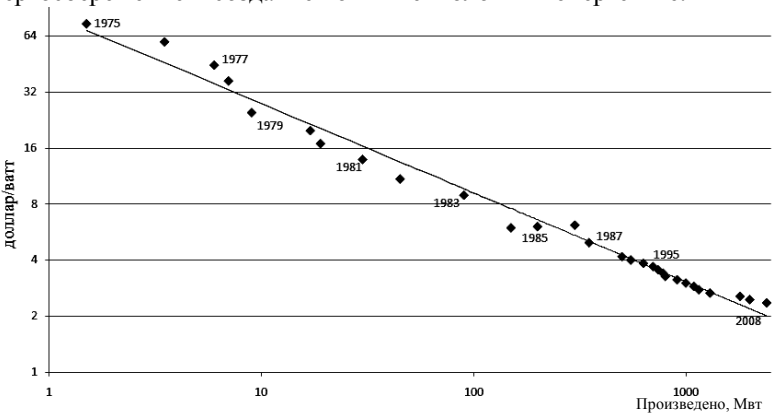



Рис. 1. Производство солнечной энергии



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Проблема повышения энергетической эффективности не воспринимается как средство решения широкого комплекса экономических и экологических проблем. Реализация ключевого приоритета «Энергетической стратегии России до 2020 года» – увеличения энергоэффективности экономики – не обеспечена в полной мере организационными и финансовыми ресурсами. Наблюдается отсутствие синхронизации различных областей законодательства: градостроительное планирование не связано с развитием энергосистем; законодательство о госзакупках не содержит требований по энергоэффективности и т.д. [3].

В данной работе мы будем опираться на мировые цены, хотя до настоящего времени ни в одной стране мира существенная часть стоимости производства энергии не отражается в тарифах на энергию, а распределяется на затраты своего общества (таблица).

Известно, что каждый год в мире потребляется столько нефти, сколько ее образуется в природных условиях за 2 млн лет [4]. Гигантские темпы потребления невозобновляемых энергоресурсов по относительно низкой цене, которые не отражают реальные совокупные затраты общества, по существу означают жизнь в займы, кредиты у будущих поколений, которым не будет доступна энергия по такой низкой цене.

Другая составляющая стоимости энергии, которая распределяется на все общество и не включается в тарифы за энергию, связана с загрязнением окружающей среды энергетическими установками [5].

Выбросы тепловых электростанций состоят, в основном, из углекислого газа, который ответствен за тепличный эффект и изменение климата и, например, приводит к засухе в районах производства зерна и картофеля. Другие выбросы включают окислы серы и азота, которые в атмосфере превращаются в серную и азотную кислоты и возвращаются на землю со снегом или в виде кислотных дождей. Повышенная кислотность воды приводит к снижению плодородия почвы, уменьшению рыбных запасов и засыханию лесов, повреждению строительных конструкций и зданий. Токсичные тяжелые металлы, такие как кадмий, ртуть, свинец, могут растворяться кислотами и попадать в питьевую воду и сельскохозяйственные продукты [6]. Существует немалая расплывчатость в определении реальной цены электроэнергии, отдаваемой атомными электростанциями.

Можно утверждать, что настоящая стоимость в атомной энергетике будет установлена после того, как будут разрешены проблемы, связанные с безопасностью получения топлива и захоронения отходов, а также разработаны принципы обращения с оборудованием, зданиями и сооружениями АЭС, выводимыми из эксплуатации через тридцать лет работы, и эти цены будут выше существующих. К примеру, программа строительства новых АЭС, предлагаемая Росатомом, потребует сово-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

купных затрат около 1,5 трлн руб., примерно половину планируется направить из федерального бюджета, а еще до полутриллиона рублей ляжет бременем на потребителей, то есть будет включено в тарифы на электроэнергию [7].

**Сравнительная таблица**

| Затраты | Атомная энергетика | Солнечная энергетика |
|---|---|---|
| Добыча сырья $/кг | 3000 | 40 |
| Постройка $/КВт | 3200 | 3900 |
| Эксплуатация $/КВт | 96 | 25 |
| Доля в суммарном энергопроизводстве | – | 13 |
| Выведение из строя | 40–100% от постройки | – |

Источник: International Energy Agency – Report WBE 2008 Power Generation Cost Assumption.

По существу это затраты всего общества – экологический налог, который платят граждане за несовершенство энергетических установок, и этот налог должен быть включен в стоимость энергии для формирования государственного фонда энергосбережения и создание новых экологически чистых технологий в энергетике.

Если учесть эти скрытые сейчас затраты в тарифах на энергию, то большинство новых технологий возобновляемой энергетики становятся конкурентоспособными с существующими технологиями.

В средней полосе России летом приходит около 5 кВт·ч солнечной энергии на 1 м$^2$. Около 10% от этой энергии может быть преобразовано в электроэнергию в фотоэлектрических батареях. Зимой приход солнечной энергии минимален и в несколько раз меньше, чем летом.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Энергетика мира: уроки будущего / Под ред. И.А. Башмакова. М.: МТЭА, 1992. С. 355–380.

2. http://minenergo.gov.ru/activity/vie/ МинЭерго.

3. http://minenergo.gov.ru/activity/energoeffektivnost/ МинЭерго.

4. Hunt V.D. Solar Energy dictionary. New York: Industrial Press Inc., 1982.

5. Robertson G. A typical day in the life of planet earth // Sun World. September. 1992. Vol. 16, № 3, 9.

6. Wood M., Fulop L. Environment and development: Why energy matters // Sun World. June. 1992. Vol. 16, № 2. P. 24 –25.

7. Стребков Д.С. Сельскохозяйственные энергетические системы и экология // Альтернативные источники энергии: эффективность и управление. 1990. № 1. С. 39–40.

8. Федеральная целевая программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007–2010 годы и на перспективу до 2015 года». Утверждена Постановлением Правительства РФ от 6 октября 2006 г. №605.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ДВУХТРАНСФОРМАТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ НАБРОСА ТОКА НАГРУЗКИ

***И.К. Идрисов, аспирант; В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО СМУ;***
***В.Д. Семенов, к.т.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, idr-ildar@sibmail.com*

Электрическая сварочная дуга требует относительно высокого напряжения холостого хода (напряжения зажигания дуги, 75–95 В), и низкого напряжения (25–40 В) при рабочих токах от единиц до сотен и тысяч ампер. Кроме того, для уменьшения времени зажигания дугового разряда и установления стабильного процесса сварки необходима высокая скорость нарастания силы тока порядка 200–300 кА/с (а в некоторых случаях до $10–20 \cdot 10^6$ А/с) при закорачивании электрода на изделии. Особенно это актуально при автоматической и полуавтоматической сварке [1].

Не все применяемые схемы источников питания могут реализовать требуемые параметры, особенно высокую скорость нарастания силы тока. Схема комбинированного двухтрансформаторного преобразователя (КДП), представленная в [2], позволяет это сделать за счет предварительного накопления энергии в первичной обмотке трансформатора-дросселя (рис. 1), но такие результаты нам неизвестны. Схема и ее принцип действия довольно сложны как по режимам работы, так и по электромагнитным процессам, поэтому целесообразно эти различные режимы изучать на частных моделях.

Данная работа посвящена исследованиям режима наброса тока нагрузки КДП на модели, реализующей единичный микропроцесс нарастания тока. Упрощенная эквивалентная схема микропроцесса (рис. 2) характеризуется тем, что ключи S1, S3 разомкнуты, ключи S2, S4 замкнуты, а в момент размыкания ключа S5 начальное значение токов в дросселях первичной обмотки и напряжение на конденсаторе $C_1$ имеют необходимое значение, которое определяется дополнительным источником тока $I_1$, имитирующим номинальный ток дуги.

На скорость роста тока в нагрузке большое влияние оказывает индуктивность проводов, представленная на рис. 2 в виде дросселя $L_п$. Величина индуктивности определяется типом провода, его длиной, диаметром и другими параметрами. Оценка величины индуктивности провода по [3] показала, что она лежит в пределах 1–10 мкГн.

Математическая модель, собранная в среде SwitcherCAD III, показана на рис. 3. Диоды VD1, VD2, VD3 представлены идеальными ключами S1, S2, S3 с сопротивлением во включенном состоянии 0,02 Ом, в выключенном – 1 МОм. Резисторы $R_1$, $R_2$, $R_3$ являются внут-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ренними сопротивлениями цепей, обеспечивающими устойчивость вычислительного процесса.

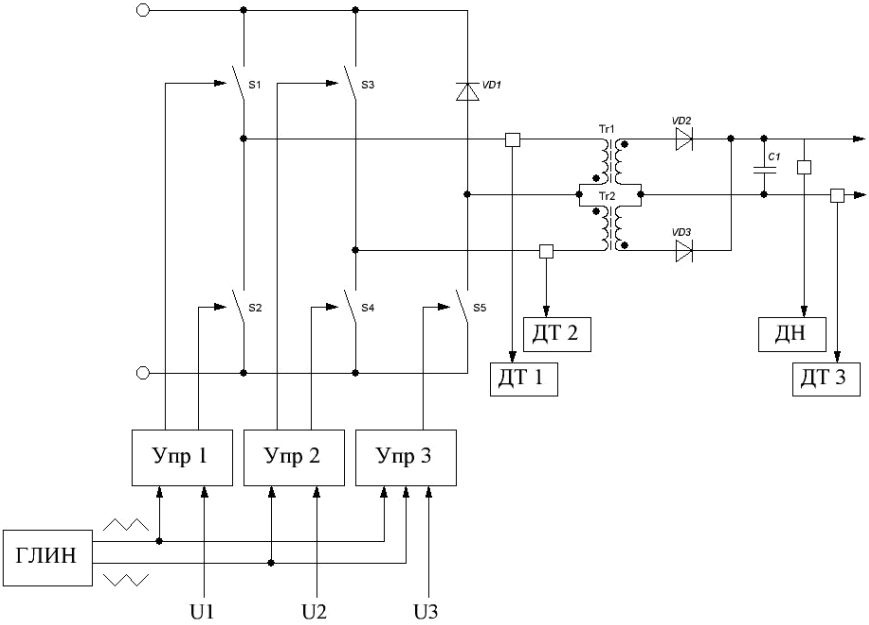



Рис. 1. Преобразователь постоянного напряжения сварочной дуги постоянного тока

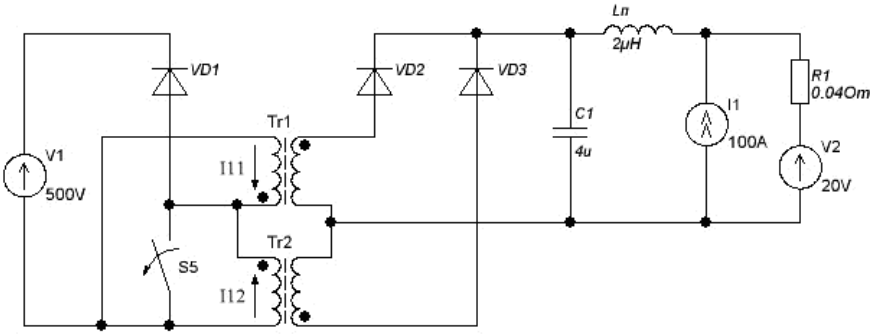



Рис. 2. Исследуемая схема в режиме наброса тока нагрузки



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

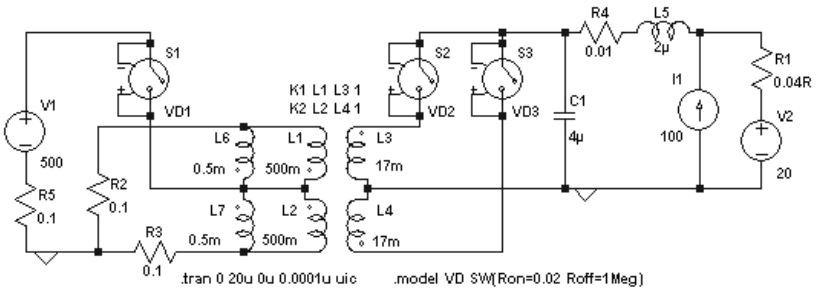



Рис. 3. Математическая модель КДП в режиме наброса тока нагрузки

Трансформатор TV1 представлен идеальным трансформатором с обмотками $L_1$ и $L_3$ и коэффициентом трансформации 5,42. Индуктивность намагничивания реального трансформатора имитируется индуктивностью $L_6$, включенной параллельно индуктивности $L_1$ первичной обмотки идеального трансформатора, причем $L_1 >> L_6$, чтобы можно было пренебречь токами намагничивания. Аналогично представлен трансформатор TV2. В индуктивностях намагничивания $L_6$ и $L_7$ задается их начальный ток 10 А, нужный для реализации режима наброса тока в нагрузке. В начальный момент времени конденсатор $C_1$ заряжен до напряжения 24 В, определяемого током $I_1$. $L_5$ – индуктивность проводов ($L_п$). Номинальный ток дуги имитируется источником тока $I_1$. Нагрузка представлена в виде противоЭДС V2 и резистора $R_1$.

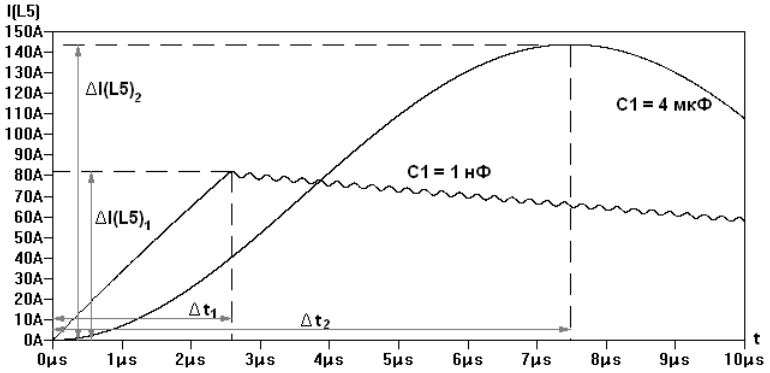



Рис. 4. Переходный процесс при $L_5$ = 2 мкГн

Результаты эксперимента представлены на рис. 5, 6. При длине провода 3 м ($L_п$ = 2 мкГн) максимальный наброс тока ($I$ = 142 А) можно получить при емкости конденсатора $C_1$ = 4 мкФ, а максимальную



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

скорость нарастания тока ($i/t$ = 3·10$^7$ А/с), при емкости конденсатора $C_1$ = 1 нФ.

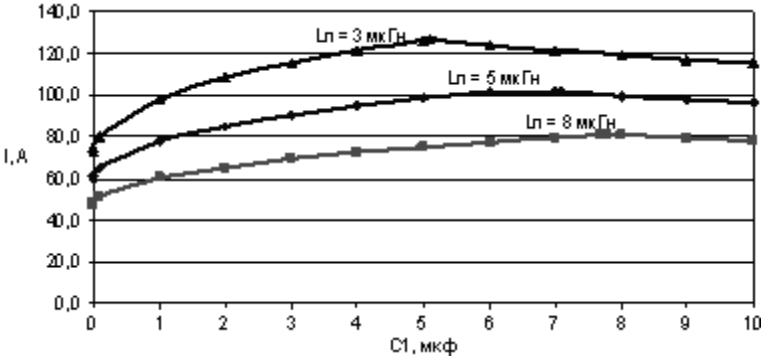



Рис. 5. Зависимость амплитуды тока $I$ на выходе от емкости конденсатора $C_1$ для трех значений $L_п$

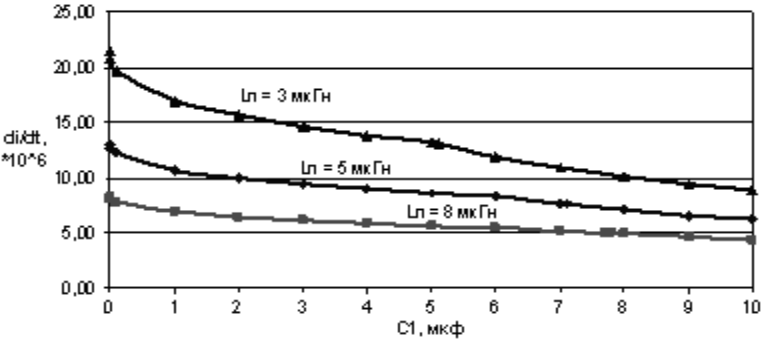



Рис. 6. Зависимость скорости нарастания тока $\Delta i/\Delta t$ от емкости конденсатора $C_1$ для трех значений $L_п$

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2-е. изд. перераб. Киев: Экотехнология, 2007. 192 с.

2. Федотов В.А., Семенов В.Д. Преобразователь постоянного напряжения сварочной дуги постоянного тока. Патент № 87379 на полезную модель. Опубл. БИ. №28. 10.10.09.

3. Калантаров П.Л. Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. 3-е изд., перераб. и доп. М., 1986. 488 с.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ ТРЕХФАЗНОГО КОМПЕНСАТОРА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И МОЩНОСТИ ИСКАЖЕНИЙ ИМПУЛЬСНО-МОДУЛЯЦИОННОГО ТИПА В СРЕДЕ LTSPICE IV

***А.Ю. Иванов, аспирант;***
***Г.Я. Михальченко, науч. рук., д.т.н., профессор***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, master_alexey@mail.ru*

Энергетические показатели силовых энергосистем характеризуют эффективность использования и потребления электрической энергии, нагрузочные и перегрузочные характеристики системы. С точки зрения энергосбережения наибольший интерес представляют такие показатели, как коэффициент мощности, коэффициент нелинейных искажений и коэффициент гармоник.

Коэффициент мощности (Км) характеризует эффективность потребления энергии и представляет отношение активной мощности к полной:

$$K_{\text{М}} = \frac{P}{S} = \cos(\varphi) K_{\text{НИ}},$$

где φ – фазовый сдвиг между первыми гармониками напряжения и тока; $K_{\text{НИ}}$ – коэффициент нелинейных искажений.

В свою очередь коэффициент нелинейных искажений определяет долю первой (основной) гармоники тока $I_1$ в полном токе $I$:

$$K_{\text{НИ}} = \frac{I_1}{I} = \frac{I_1}{\sqrt{\sum_{n=1} I_n^2}} \le 1,$$

где $I_n$ – действующее значение $n$-й гармоники тока; $n$ – порядок высшей гармоники тока.

Коэффициент гармоник – величина, выражающая степень нелинейных искажений устройства, равная отношению среднеквадратичного тока суммы высших гармоник сигнала к току первой гармоники при воздействии на вход устройства синусоидального сигнала:

$$K_{\Gamma} = \frac{\sqrt{I^2 - I_1^2}}{I_1}.$$

Коэффициент пульсаций, величина, равная отношению разницы между наибольшим и наименьшим значениями переменной составляющей пульсирующего напряжения (тока) к его действующему значению:

$$K_{\Pi u} = \frac{\Delta U}{U}, K_{\Pi i} = \frac{\Delta I}{I}.$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 1 приведена функциональная схема исследуемой модели компенсатора реактивной мощности и мощности искажений (КРМиМИ). Исследования модели проводились в среде моделирования электрических схем LTspice IV.

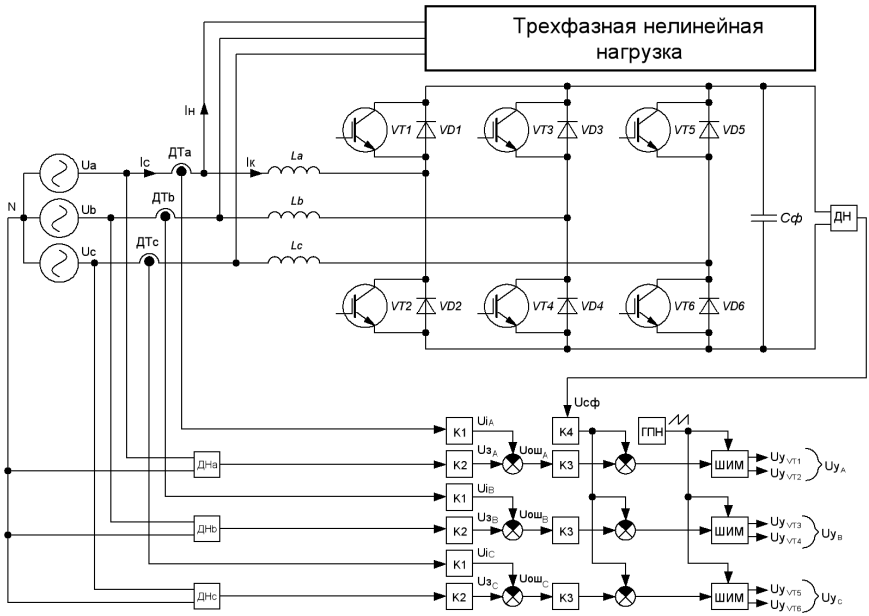



Рис. 1. Функциональная схема модели КРМиМИ

Для расчета энергетических характеристик в зависимости от тока нагрузки ($I_н$) и напряжения сети ($U_{сети}$) были измерены следующие параметры: действующее значение тока нагрузки ($I_н$), тока сети ($I_{сети}$), первой гармоники тока сети ($I_{1сети}$), уровень пульсации тока сети ($\Delta I_{сети}$) при изменениях сопротивления нагрузки ($R_н$) и напряжения сети ($U_{сети}$). Далее рассчитывались энергетические показатели и строились графики зависимостей (рис. 2, 3).

Проведенный анализ влияния параметров силовой цепи КРМиМИ на процессы, протекающие в электросети, позволяет сделать следующий вывод: КРМиМИ является универсальным энергосберегающим устройством, т.к. способен обеспечивать высокий коэффициент мощности и низкий коэффициент гармоник вне зависимости от тока нагрузки и напряжения сети.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

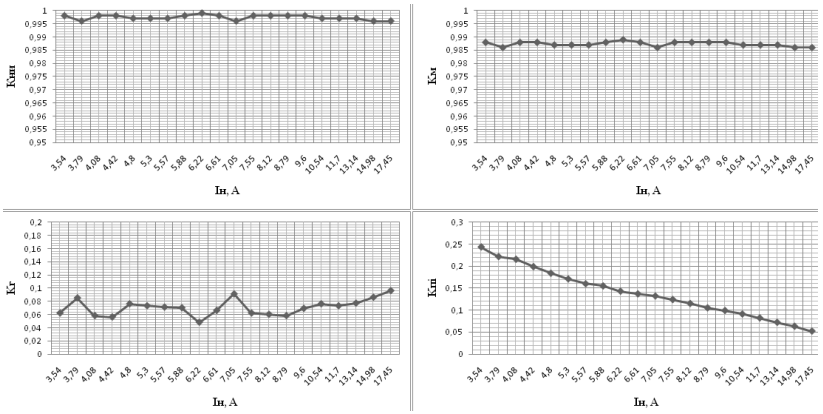



Рис. 2. Зависимость энергетических показателей от тока нелинейной нагрузки

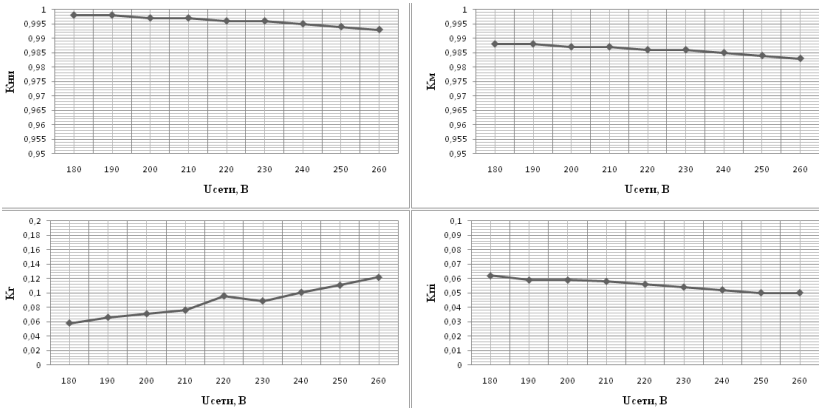



Рис. 3. Зависимость энергетических показателей от напряжения сети

## ЛИТЕРАТУРА

1. Климов В., Карпиленко Ю., Смирнов В. Компенсаторы реактивной мощности и мощности искажения в системах гарантированного электропитания промышленного назначения // Силовая электроника. 2008. №3.

2. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Музыченко Н.М. Модуляционные источники питания РЭА. Томск: Радио и связь, 1990. 336 с.

3. http://www.linear.com – официальный сайт компании Linear Technology.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ С ДИНАМИЧЕСКИМ ОСВЕЩЕНИЕМ В СРЕДЕ MatLAB

***А.С. Романенко, аспирант; С.С. Какуев, магистр;***
***В.Д. Семенов, науч. рук., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, sergiy@ms.tusur.ru.*

Система электроснабжения (СЭС) является одной из основных систем малого космического аппарата (МКА) и задача её моделирования актуальна на всех стадиях разработки.

СЭС МКА имеет элементы, модели которых необходимо создавать на языке программирования или описывать математически. В целом модель СЭС удобно построить, имитируя электрическую цепь. Среда MatLAB позволяет построить такую модель.

Генератором энергии СЭС является солнечная батарея (СБ).

Рассмотрим реализацию модели СБ с динамическим освещением на орбите.

Степень освещенности СБ на орбите можно отразить коэффициентом

$$K_{osv}(t)=\sin(2\,\pi\,t/T_{osv}), \qquad (1)$$

где $T_{osv} = T_{ob}\ \alpha/360$; $T_{ob}$ – период обращения вокруг Земли; $\alpha$ – угол освещаемой Солнцем орбиты МКА.

Известна эмпирическая зависимость напряжения и тока СБ [1–3], удобная тем, что ВАХ задается параметрами: $U_{xx}$, $U_{opt}$, $I_{kz}[K_{osv}(t)]$, $I_{opt}[K_{osv}(t)]$.

Модель СБ строится в MatLAB по зависимости

$$I_n(U_n)=I_{kzreg}\cdot\left(1-C_1\cdot(e^{C_2\cdot U_n^m}-1)\right), \qquad (2)$$

$$C_1=0{,}01175;\ C_2=4{,}46\cdot U_{xx}^{-m};\quad m=\frac{\ln C_3-\ln 4{,}46,}{\ln U_{opt}-\ln U_{xx};}$$

$$C_3=\ln\frac{1{,}01175I_{kzreg}-I_{optreg}}{0{,}01175I_{kzreg}}.$$

Динамика изменения мощности СБ на орбите исходит из зависимостей [3]:

$$I_{kzreg}(K_{osv}(t))=I_{kz}K_{osv},\quad I_{opt}(K_{osv}(t))=I_{opt}K_{osv}. \qquad (3)$$

Используя блоки Simulink, представленные на рис. 2, реализуем зависимость (1) и формулы (2).

Функция коэффициента освещенности (1) влияет на динамическое изменение мощности СБ. Блок изменяющейся нагрузки служит для построения ВАХ.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

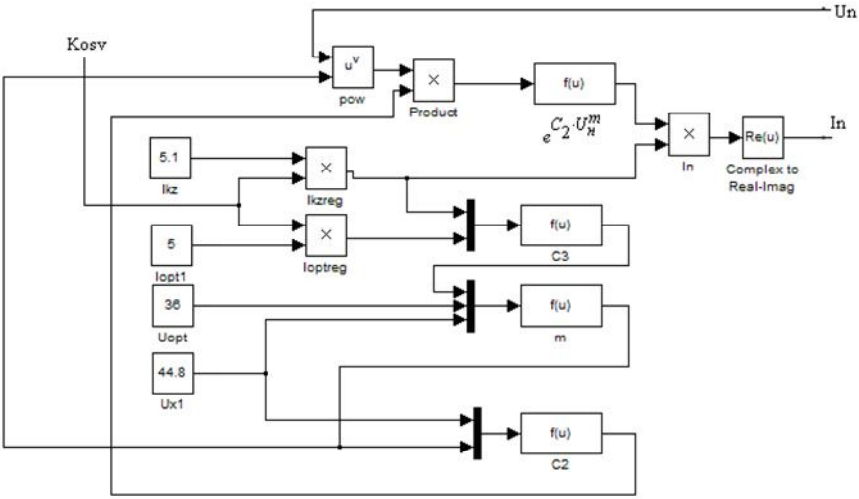



Рис. 1. Реализация модели ВАХ СБ

Построение ВАХ СБ произведем по блок-схеме (рис. 2):

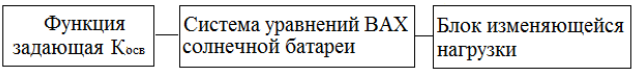
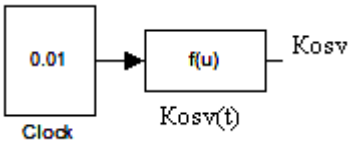



Рис. 2. Блок-схема модели СБ

Для отработки модели, отразим динамику работы $K_{osv}(t)$ только на освещенном участке орбиты, для этого реализуем функцию $K_{osv}(t_i) = |\sin(2\,\pi\, t_i/T_{osv})|$, где $i = 0\ldots10$.

Рис. 3. Модель имитации динамического освещения




Отразим ВАХ модели СБ, подключив динамическую нагрузку в виде источника напряжения, с циклически изменяющимся значением в пределах, достаточных для имитации режима тока короткого замыкания и напряжения холостого хода. Причем частота равна $i/T_{osv}$.

На вход противоЭДС подается управляющий сигнал изменения сопротивления резистора.

В результате моделирования было построено следующее семейство ВАХ, показанные на рис. 4.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

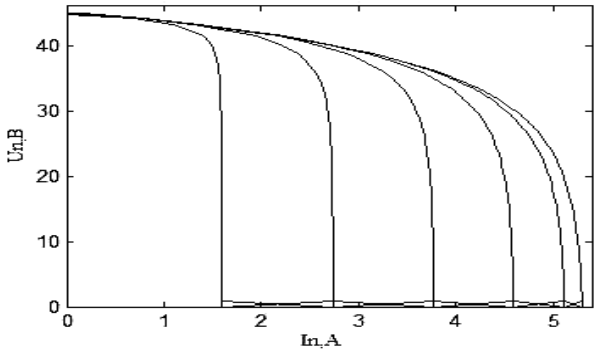


Рис. 4. Семейство ВАХ СБ при динамическом освещении плоскости на орбите

Сравнение полученной модели СБ со значениями, приведенными в технической документации фирмы SUNTECH [4], показало, что имеется наибольшее отклонение по оптимальному току, которое составило 20%, при максимальной освещенности. Полученная мощность оказалась на 8% меньше. При необходимости можно откалибровать модель. Полученная модель имитации СБ позволяет применять при построении модели СЭС.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Романенко А.С., Семенов В.Д. Разработка математической модели преобразователя для отбора максимальной мощности солнечной батареи // Научная сессия ТУСУР–2009: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов, и молодых ученых: В 5 ч. Ч. 4. Томск: В-Спектр, 2009. 352 с.

2. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей. М., 1983.

3. Кудряшов В.С., Нестеришин М.В., Жихарев А.В., Эльман В.О., Поляков С.А. Бортовые системы электропитания искусственных спутников земли с экстремальным регулированием солнечной батареи / ФГУП «НПО прикладной механики им. акад. М.Ф. Решетнева», г. Железногорск; ФГУП «НПЦ Полюс» г. Томск. Сб. науч. трудов. Электронные и электронно-механические системы и устройства: Новосибирск: Наука, 2007. 552 с.

4. Информационный лист солнечной батареи STP 180S-24/Ad. http://www.suntech-power.com



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ИЗМЕРИТЕЛЬ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ*

***А.Н. Хромогин, А.В. Лашин, студенты;***
***В.А. Федотов, науч. рук., зав. лаб. ГПО***
*г. Томск, ТУСУР*

Измерения удельного электрического сопротивления (УЭС) или удельной электропроводности (УЭП) жидкостей – один из самых распространенных физико-химических методов определения концентраций водных и неводных растворов, солености морской воды, минерализации природных и сбросовых вод. На этом методе основана работа соответствующих средств измерений УЭС (УЭП): кондуктометрических приборов, применяемых в химической, фармацевтической, пищевой, нефтеперерабатывающей промышленности и т.д.

Кондуктометрический способ основан на измерении активного сопротивления раствора между электродами. По характеру связи со средой кондуктометрические датчики можно разделить на контактные и неконтактные. В первом случае связь с контролируемой средой осуществляется через переходную ёмкость электрод–среда, а во втором случае связь электрода со средой осуществляется через ёмкость диэлектрического покрытия электрода (рис. 1).

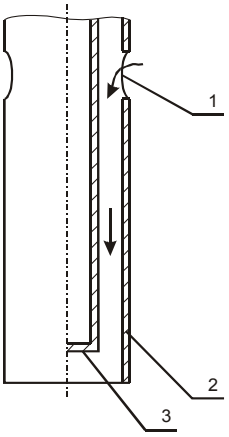



Рис. 1. Конструкция кондуктометрического датчика УЭС с коаксиальными цилиндрическими электродами: *1* – входное отверстие для потока жидкости; *2* – внешний электрод; *3* – внутренний электрод

Установлено, что импеданс электролитической контактной ячейки зависит от частоты. Это объясняется влиянием поляризации электродов, имеющих прямой контакт с водой. Кроме того, химически чистая вода обладает высокой диэлектрической проницаемостью (около 80). Это приводит к образованию плоского конденсатора, у которого обкладками являются электроды датчика, а диэлектриком – жидкость, находящаяся между электродами. Этот конденсатор шунтирует актив-

* Выполнено в рамках проекта ПрЭ-0731 – Лабораторный источник питания аппарата электрохимической активации водных растворов.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ное сопротивление жидкости на высокой частоте. На рис. 2 приведена эквивалентная схема электролитической контактной ячейки.

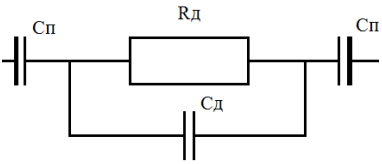



Рис. 2. Эквивалентная схема электролитической контактной ячейки, где $C_п$ – переходная емкость электрод–среда, возникающая в результате поляризации электродов; $R_д$ – активное сопротивление жидкостного столба; $C_д$ – емкость плоского конденсатора, образованного электродами датчика и жидкостью как диэлектриком

Стоит отметить, что на частотах от 1 до 3 кГц влиянием переходной емкости и емкости плоского конденсатора можно пренебречь.

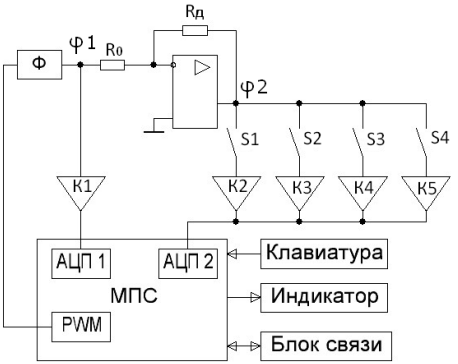



Рис. 3. Функциональная схема прибора

Принцип измерения заключается в следующем: производится измерения потенциалов $\varphi_1$ и $\varphi_2$. Измерение производится через коэффициенты $K_1$ и $K_2$–$K_5$ (ключами S1–S4 обеспечивается переключение диапазонов). Можно записать следующие соотношения:

$$U_1 = K_1 \cdot \varphi_1 , \quad U_2 = K_2 \cdot \varphi_2 ,$$

где $K_1$, $K_2$ – некоторые коэффициенты передачи

Эталонный резистор $R_0$ нам известен, следовательно, можно рассчитать ток, протекающий через $R_д$:

$$I_д = \frac{\varphi 1}{R_0} .$$

Соответственно, можно вычислить и сопротивление $R_д$:

$$R_д = \frac{\varphi_2}{I_д} ,$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

тогда

$$R_{\text{д}} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot R_0 \,, \rightarrow \; R_{\text{д}} = \frac{K_1}{K_2} \cdot \frac{U_2}{U_1} \cdot R_0 \,.$$

Общий коэффициент передачи $K_{12} = \dfrac{K_1}{K_2}$.

Коэффициенты $K_{12}$, $K_{13,}$ $K_{14,}$ $K_{15}$ определяются при калибровке для 4 диапазонов измерения.

Сопротивление раствора определяется по формуле

$$R_{\text{р}} = K_{\text{д}} \cdot K_{1X} \cdot \frac{U_2}{U_1} \cdot R_0 \,,$$

где $K_{\text{д}}$ – коэффициент передачи датчика; $K_{1\text{X}}$ – общий коэффициент передачи для различных диапазонов.

Для обеспечения большей устойчивости к помехам и повышения точности измерения применяется дискретное преобразование Фурье, восстанавливающее форму сигнала из дискретных значений, измеренных на периоде. Из найденного гармонического ряда выделяется амплитуда первой гармоники сигналов U1 и U2, и вычисляется сопротивление раствора по формуле, приведенной выше. Аппаратно-программная реализация предлагаемого принципа измерения находится в стадии разработки и будет рассмотрена в следующих работах.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Трашахов И.А. Измеритель удельного сопротивления водных растворов. Дипломный проект. ТУСУР, 2004.

2. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергия, 1978. 704 с.

## УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЕМ ПОВЫШАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ИМИТАТОРА ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ*

***А.А. Загваздин, А.Н. Легостаев, студенты;***
***Н.С. Легостаев, науч. рук., к.т.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, lns@ie.tusur.ru*

В [1] показано, что модуль повышающего преобразователя (МПП) имитатора трехфазной сети целесообразно реализовать на базе высокочастотного непосредственного преобразователя постоянного напряжения повышающего типа.

* Выполнено в рамках проекта ГПО ПрЭ – 0736 – Имитатор трехфазной сети.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

МПП, являясь частью фазы имитатора трехфазной сети, осуществляет предварительное преобразование входного напряжения 100 В в стабилизированное напряжение 500 В для модуля конвертора сброса. МПП содержит входной фильтр $C_1$ и выходной фильтр $C_2$, дроссель $L$, управляемый ключ VT и неуправляемый ключ VD, а также датчики тока ДТ1, ДТ2 и датчик напряжения ДН (рис. 1).

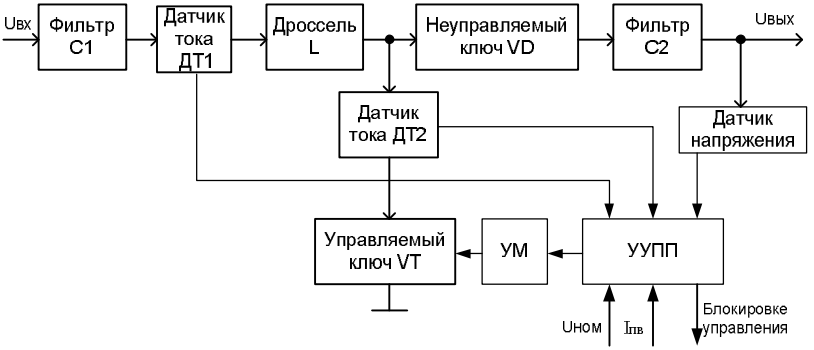



Рис. 1. Функциональная схема модуля повышающего преобразователя

Поддержание заданного входного тока МПП, защиту управляемого ключа по току, а также контроль состояния предохранителей МПП осуществляет устройство управления повышающим преобразователем (УУПП), а импульсы управления силовым ключом МПП формирует усилитель мощности (УМ). Усилитель мощности содержит драйвер с опторазвязкой (HCPL-j312, Agilent Technologies) [2], на вход которого через логический элемент НЕ поступают импульсы управления, сформированные УУПП. Питание выходного каскада драйвера осуществляется по схеме высокочастотный трансформатор – выпрямитель – интегральный стабилизатор напряжения. Частота коммутации управляемого ключа VT 50 кГц. Регулировочная характеристика МПП определяется выражением $U_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вх}}}{1-\gamma}$, где $\gamma$ – коэффициент заполнения, равный отношению длительности открытого состояния управляемого ключа к периоду его коммутации.

Блок-схема управления модулем МПП представлена на рис. 2.

Центральным узлом УУПП является ШИМ-контроллер UC3846 фирмы Unitrode [3]. Так же, как и для DC/DC преобразователя ШИМ-контроллер снабжен повторно-восстанавливаемой защитой, настроенной на уровень тока $I_{\text{пв}}$ (тока повторно-восстанавливаемой защиты). Для управляемого ключа предусмотрен компаратор максимальной



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

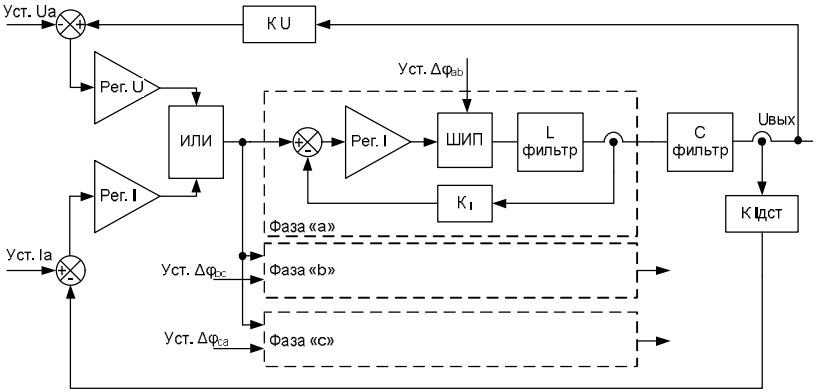



Рис. 2. Блок-схема управления модулем МПП

защиты по току $I_{макс}$=1,2$I_{пв}$ с тиристорной защелкой, срабатывание которой приводит к блокировке управления преобразователями имитатора и к отключению силовых контакторов имитатора.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Косойкин А.С., Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Модуль повышающего преобразователя имитатора трехфазной сети // Научная сессия ТУСУР–2009: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 2009.

2. http://www.avagotech.com/docs/AV02-0161EN

3. http:// focus.ti.com/lit/ds/ symlink/ us1846.pdf

## ЭЛЕКТРОТЕПЛОВАЯ АНАЛОГИЯ ПРИ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВАТЕЛЯ В ОБЛАСТИ ЖИВОЙ ТКАНИ*

***А.Ю. Хуторной, А.В. Литвинов, магистранты;***
***В.Н. Учаев, студент 5-го курса; Д.О. Пахмурин, аспирант;***
***В.Д. Семёнов, науч. рук., доцент, к.т.н.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, canek.belogorsk@sibmail.com*

Известно, что распространение тепла и электричества описывается совершенно аналогичными по форме дифференциальными уравнениями, в силу чего они решаются с одинаковой степенью трудности.

* Выполнено в рамках проекта ГПО ПрЭ-0910 – Аппаратно-программный комплекс для реализации локальной гипертермии.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Однако экспериментальное определение поля электрического потенциала и распространения электричества гораздо проще.

В процессе разработки нагревателя в комплексе для реализации локальной гипертермии была поставлена задача построить модель нагревательного элемента со стабилизацией его температуры [1]. Модель должна адекватно отражать:

– процесс нагрева обмотки нагревательного элемента (НЭ);

– процесс изменения сопротивления НЭ в зависимости от его температуры;

– процесс передачи тепла от НЭ в локальную область живой ткани;

– процесс регулировки мощности, подаваемой на НЭ в зависимости от температуры локальной области живой ткани.

Для того чтобы вести моделирование тепловых и электрических процессов в одной среде (электрической), необходимо провести электротепловую аналогию. Тепловое сопротивление определяет температурный градиент в установившемся состоянии, а тепловая емкость позволяет смоделировать переходные тепловые процессы. Для определения численных величин тепловой емкости и сопротивления необходимо ввести допущение, что время термического и время электрического переходного процесса равны ( $\tau_T = \tau_Э$ ).

На рис. 1 приведена модель в программной среде SwitcherCAD.

Задающим воздействием для устройства является номинал регулируемого сопротивления, выставленный магазином сопротивлений. Через измерительный мост протекает ток, следовательно, выделяется мощность, которая преобразуется в тепловую.

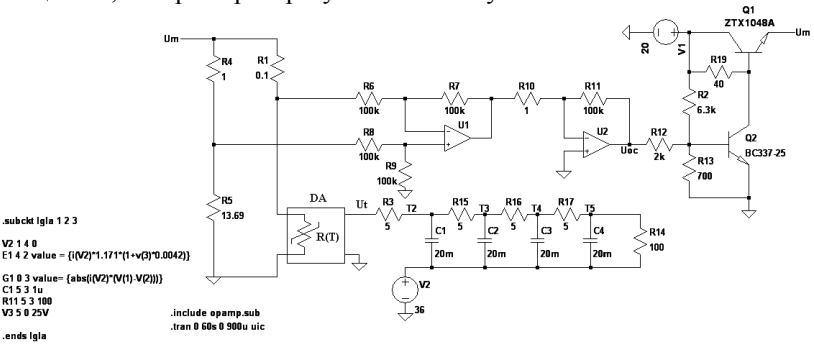



Рис. 1. Моделирование устройства для нагрева и стабилизации температуры в области живой ткани в программной среде SwitcherCAD

Для пояснения принципа работы целесообразно функционально представить внутреннее содержание блока DA. На рис. 2 представлена функциональная схема блока DA.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

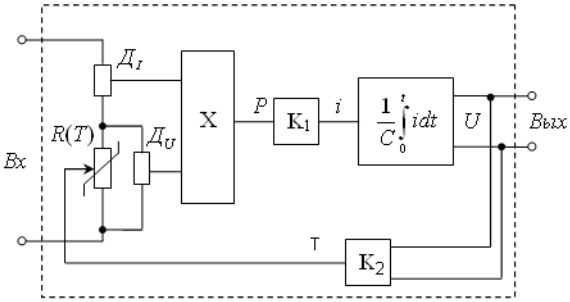



Рис. 2. Функциональная схема реализации зависимости сопротивления от температуры

На ней обозначено $X$ – перемножитель двух сигналов; $K_1$ – размерный коэффициент преобразования мощности в ток; $K_2$ – размерный коэффициент преобразования напряжения в температуру.

Нагреваемая область дискретно разбита на зоны (в рассматриваемом случае их 4). Каждая зона имеет свое тепловое сопротивление и свою тепловую емкость.

Параметры среды (теплоемкость и тепловое сопротивление) заданы произвольно, но могут быть просчитаны или измерены экспериментально для ведения моделирования.

На рис. 3 представлены результаты моделирования в программной среде SwitcherCAD.

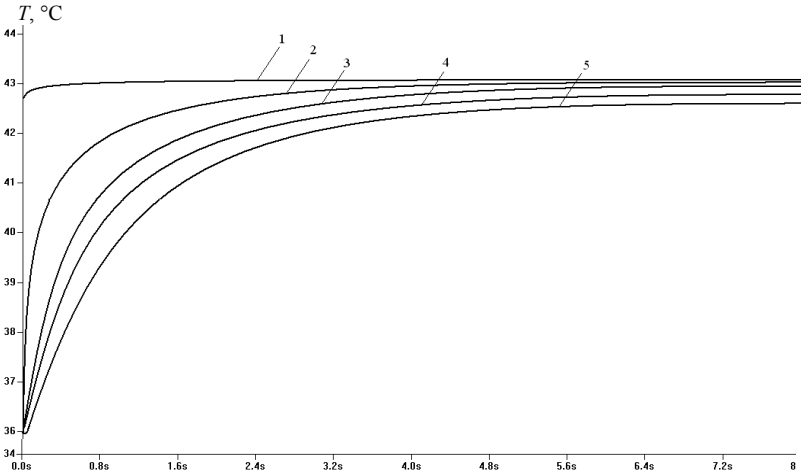



Рис. 3. Результаты моделирования в программной среде SwitcherCAD



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 3 представлены кривые, соответствующие температуре на границах дискретных зон. Кривая *1* один соответствует температуре на нагревательном элементе. Данная модель позволяет рассчитать количественные результаты исследуемой системы стабилизации температуры.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Хуторной А.Ю., Учаев В.Н., Пахмурин Д.О., Литвинов А.В., Федотов В.А. Семенов В.Д. Устройство локальной гипертермии для нагрева мягких тканей живого организма // Итоги науч.-исслед. работ и курсового проектирования студентов 1–4-х курсов каф. промышленной электроники: Матер. ежегод. науч.-практ. конф. / под ред. канд. тех. наук В.Д. Семенова. Вып. 3. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2009. 124 с.

2. Тугов Н.М., Глебов Б.А., Чарыков Н.А. Полупроводниковые приборы: Учеб. для вузов / Под ред. В.А. Лабунцова. М.: Энергоатомиздат, 1990. 576 с.

## ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА РАБОТЫ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛИТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ЯЗЫКА UML

***Н.И. Никифоров, В.В. Рыжков, студенты 5-го курса;***
***В.М. Саюн, к.т.н., доцент; В.Д. Семенов, к.т.н., доцент;***
***В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО; С.И. Арестов, зав. лаб. каф. ЭП***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, kolyaxxi@sibmail.com*

Система управления источником питания магнетронного распылителя (ИПМР) должна обеспечить целый комплекс задач: управление ключами инвертора по определенному закону, формирование режимов «плавного пуска», «поджига», «рабочего режима» и режима «дугогашения» [1]. Решение этого комплекса задач удобно реализовать на основе современных микроконтроллеров.

Для формализации описания программного обеспечения (ПО) и упрощения его декомпозиции при разработке удобно использовать язык объектного моделирования Unified Modeling Language (UML) [2]. Применение процедур UML будет формализовано после построения диаграммы компонентов. Поэтому применительно к ПО микроконтроллера (МК) ИПМР задача сводится к построению диаграммы компонентов.

Диаграмма компонентов ПО, которую еще можно назвать структурной схемой ПО, – это блоки программного обеспечения и связи между ними [3]. Состав блоков программного обеспечения зависит от задач, предъявляемых к системе управления. Удобно разрабатывать



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

диаграмму компонентов, основываясь на функциональной схеме ИПМР, которая вместе с ТЗ и требованиями к декомпозиции ПО является исходной информацией для разработчиков ПО.

Она состоит из фильтра радиопомех, диодного неуправляемого выпрямительного моста, входного фильтра с управляемым устройством заряда емкости, управляемого инвертора, дросселя в цепи переменного тока, трансформатора повышенной частоты (TV), выходного неуправляемого выпрямителя, выходного фильтра, датчика выходного напряжения (ДН), датчика выходного тока (ДТ), датчика температуры, системы управления (СУ) силовым преобразователем ИПМР, источника питания собственных нужд (ИПСН), панели управления и управляющего ПК.

Функциональная схема силового преобразователя ИПМР представлена на рис. 1.

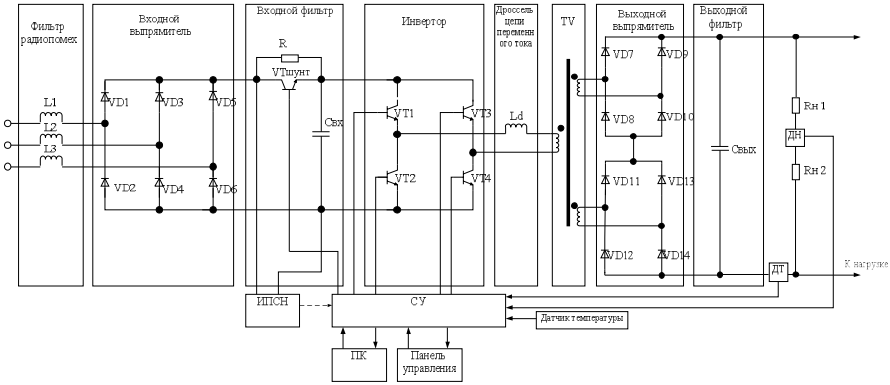



Рис. 1. Функциональная схема силового преобразователя ИПМР

СУ силовым преобразователем ИПМР обеспечивает анализ выходных параметров тока, напряжения и температуры, а также управление устройством заряда и инвертором, обрабатывает задающие параметры от персонального компьютера (ПК) или панели управления. Исходя из описания, можно составить диаграмму компонентов ПО, на которой будут представлены блоки, отвечающие за анализ и обработку информации о параметрах сигналов и управления преобразователем.

Диаграмма компонентов ПО, представленная на рис. 2, содержит: блок управления шунтирующим ключом входного фильтра, блок управления ключами инвертора, блок управления силовым преобразователем, блок управления технологией распыления, блок измерения, блок связи с ПК и/или панелью управления.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

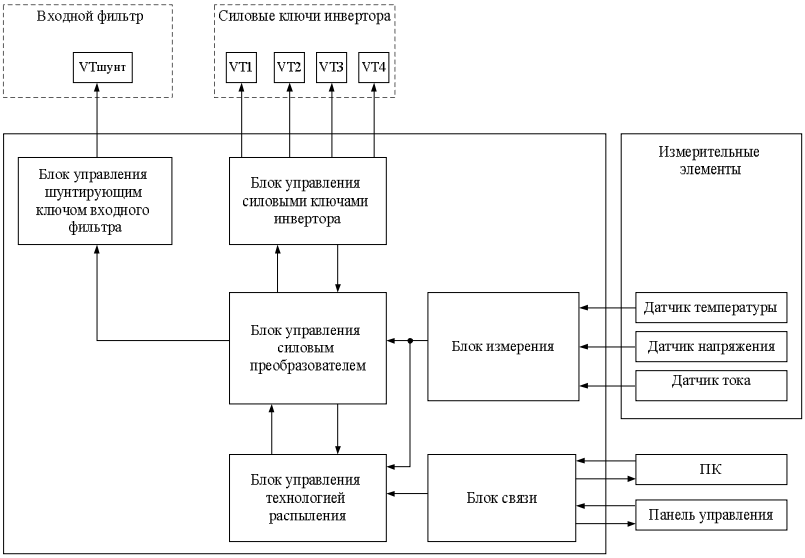



Рис. 2. Диаграмма компонентов ПО

Важной особенностью структуры ПО (см. рис. 2) является разделение системы управления ИПМР на блок управления силовым преобразователем и блок управления технологией распыления. Во-первых, такое разграничение позволяет реализовать алгоритм управления силовым преобразователем так, чтобы последний не зависел от конкретного режима технологического процесса. Тем самым в программе выделяется силовой преобразователь, который может быть задействован системой управления как источник тока или источник напряжения. Во-вторых, такое разграничение позволяет быстро отследить ошибку в программном коде.

На основе полученной диаграммы компонентов составляется диаграмма состояния. По ней можно проследить принцип работы ИПМР, также быстро написать ПО согласно заложенным режимам и функциям.

На рис. 3 представлена диаграмма состояния для блока управления технологией распыления.

Диаграмма состояний является графом специального вида. Вершины графа – это возможные состояния программного обеспечения МК (например, режим ожидания, режим поджига и др.). Переход из одного состояния в другое обозначается с помощью дуг (например, из режима «ожидания» в «сервисный режим»).

Используя приведенные диаграммы, опишем принцип работы силового преобразователя.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

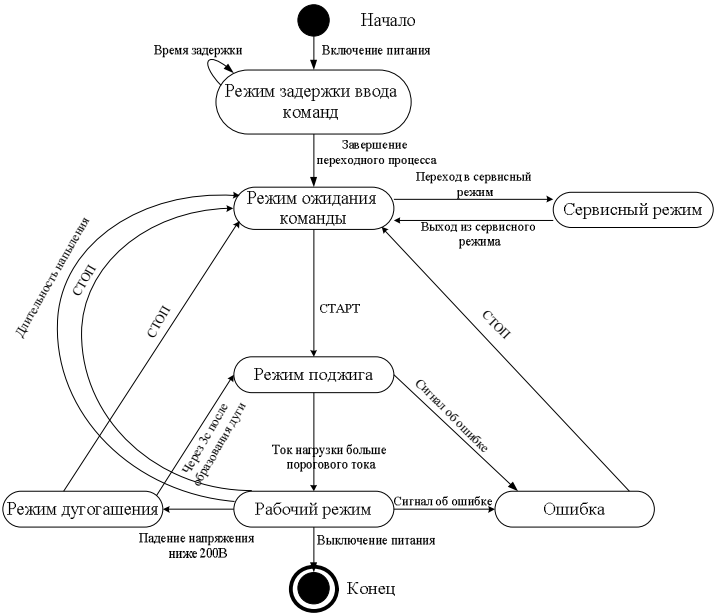



Рис. 3. Диаграмма состояний блока управления технологическим процессом

По команде «СТАРТ» с ПК и/или панели управления через блок связи переходим в «режим поджига». В «режиме поджига» устанавливается напряжение поджига, равное 1500 В (установка значения производится через ПК и/или панель управления), при этом через блок измерения отслеживаются параметры тока в нагрузке (см. рис. 2). Диапазон изменения тока для данного режима составляет от 0 до 100 мА. Данные параметры тоже вводятся вручную и их принцип ввода описан выше. В дальнейшем будем писать «вводятся параметры» или «устанавливаются». Как только выходной параметр тока перевалил за установленный барьер (рис. 3), силовой преобразователь переходит в «рабочий режим». В «рабочем режиме» вводятся параметры тока, соответствующие заданной толщине наносимого покрытия. Через блок измерения отслеживаются параметры выходного напряжения. Диапазон напряжений от 450 до 750 В. Из данного режима можно перейти в «режим ожидания команды» либо по команде «СТОП» с ПК/панели управления, либо если закончилось время напыления. При напряжении ниже 200 В и резком увеличении тока в газовой среде возникает дуговой разряд. Согласно данному условию силовой преобразователь переходит в «режим дугогашения» (см. рис. 3). Если невозможно отследить напряжение по обратной связи через блок измерения, то перехо-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

дим в «режим ошибки». Из «режима ошибки» переходим вверх по диаграмме при условии, что оператор заметил данную ошибку, исправил ее и нажал клавишу «СТОП». В «режиме дугогашения» через блок измерения (см. рис.2) отслеживаются параметры тока и напряжения. Как только напряжение и ток окажутся в норме, силовой преобразователь переходит в «рабочий режим», или если пришла команда «СТОП», то переходим в «режим ожидания команды».

Благодаря использованию унифицированного языка UML, основанного на методологии объектно-ориентированного анализа и проектирования, упрощается понимание и написание ПО для микроконтроллеров.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Никифоров Н.И., Рыжков В.В., Федотов В.А., Саюн В.М. Источник электропитания для электронно-ионно-плазменных технологий модификации поверхностей // Итоги науч.-исслед. работ и курсового проектирования студентов 1–4-х курсов каф. промышленной электроники: Матер. ежегод. науч.-практ. конф. (26–27 фев. 2009 г., г. Томск). Томск, 2009. С. 88.

2. Упаев А.Б., Семенов В.Д., Федотов В.А. Применение языка UML для разработки программного обеспечения системы управления ручным сварочным аппаратом // Итоги науч.-исслед. работ и курсового проектирования студентов 1–4-х курсов каф. промышленной электроники: Матер. ежегод. науч.-практ. конф. (26–27 февр. 2009 г., г. Томск). Томск, 2009. С. 107–115.

3. Уэнди Боггс, Майкл Боггс. UML и Rational Rose 2002. М.: ЛОРИ, 2004, 528 с.

## РАЗРАБОТКА USB-УСТРОЙСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ HUMAN INTERFACE DEVICE ДРАЙВЕРА

***Д.О. Самойлов, студент 3-го курса; А.В. Шарапов, науч. рук., проф.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, 0902pre@gmail.com*

В настоящее время микроконтроллерные устройства всё чаще используются не как отдельные приборы, а как элементы более сложных систем, включающих в себя персональный компьютер. Таким образом, перед разработчиком устройства встает задача организации передачи данных с прибора на ПК, включающая в себя выбор интерфейса, схемную реализацию подключения к ПК, а также разработку программного обеспечения для работы с устройством.

Наиболее популярным решением данной проблемы является использование передачи в COM-порт ПК данных в формате стандартного UART-интерфейса, поддержка которого имеется во многих микро-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

контроллерах. Однако такой подход подразумевает ряд сложностей. Во-первых, необходимо преобразовывать уровни напряжений сигналов МК (обычно 5 В) к уровням COM-порта (12 В), для чего часто используется микросхема типа RS-232. Естественно, это ведет к существенному усложнению электрической схемы устройства и к повышению его стоимости. Во-вторых, COM-порт устаревает и уже встречается не во всех современных настольных компьютерах, а для ноутбуков и подавно стал редкостью.

Тогда становится очевидной перспектива разработки USB-устройств, являющихся наиболее удобными в плане подключения к ПК как со схемотехнической точки зрения, так и с точки зрения распространенности данного интерфейса. Использование Human Interface Device (HID) драйвера, который является предустановленным для операционных систем Windows версий 98 SE и выше, значительно упрощает разработку программного обеспечения для устройства, так как при этом исключается стадия написания драйвера.

Схема разработанного устройства представлена на рис. 1. Стабилитроны служат для преобразования уровней МК к уровням порта USB (3,3±0,3 В), резисторы R1, R2 являются токоограничительными, R3 и R4 – резисторы подтяжки.

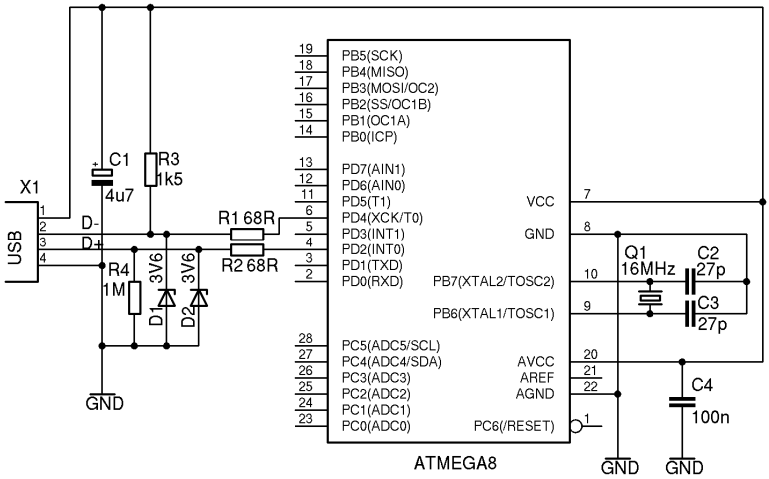


Рис. 1. Схема подключения контроллера ATMega8 к шине USB

Программа работы микроконтроллера включает в себя:

– инициализацию HID устройства путем передачи дескриптора интерфейса и дескриптора конфигурации на ПК (рис. 2);



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

– основную часть, включающую, например, снятие данных с АЦП, их обработку и форматирование для передачи на ПК;

– передачу данных путем генерации выходного репорта по запросу с ПК.

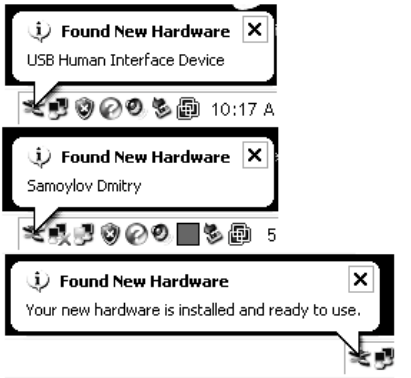



Рис. 2. Процесс инициализации устройства

Программное обеспечение для ПК было разработано на языке Delphi в среде Borland. Программа производит поиск USB-устройства по его идентификационному номеру и инициализирует его. Опрос происходит периодически путем отсылки запроса на передачу дескриптора репорта и его приема. Таким образом, информация передается с МК на ПК в виде репортов-пакетов данных, отображающих текущее состояние прибора. Такой подход имеет ограничение скорости передачи данных до 64 Кб/с, что удовлетворяет требованиям ко многим микропроцессорным устройствам. Разработанное ПО, например, принимает данные с АЦП микроконтроллера ATMega8 и выводит их в виде графика (рис. 3).

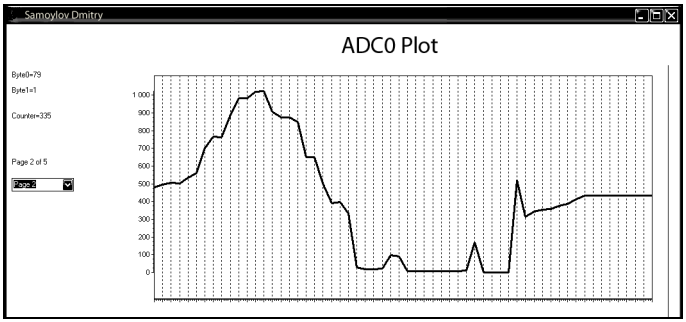



Рис. 3. График изменения во времени аналогового сигнала



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Программа микроконтроллера разрабатывалась на языке Си в среде AVR Studio с использованием компилятора Win-AVR.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Агуров П.В. Интерфейсы USB. Практика использования и программирования. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 576 с.
2. Microcontroller ATmega16, Rev. 2466R-06/08 – AVR, 2008. 358 с.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ СНЯТИЯ ИЗОЛЯЦИИ С ПРОВОДОВ*

***П.С. Сарин, студент; В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО;***
***В.Д. Семенов, науч. рук., к.т.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, Letorg@list.ru*

Ежедневно мировая промышленность выпускает сотни тысяч моточных изделий, большую часть из которых составляют трансформаторы и дроссели различного назначения. При изготовлении обмоток моточных изделий используются преимущественно медные провода с изоляцией из различных материалов (пластмасса, шелк, лак). Подготовка концов обмоточного провода к электротехническому монтажу (пайке) включает в себя два этапа: снятие изоляции с проводника и лужение проводника, после чего проводят электротехнический монтаж концов обмотки к корпусным выводам моточного изделия.

В настоящее время, при использовании проводов с пластмассовой и шелковой изоляцией задача снятия изоляции решается, преимущественно механическим снятием изоляции с проводника. Существует множество установок для зачистки проводов этого типа, в основе работы которых лежат специфические ножи. При использовании же проводов в эмалевой и лаковой изоляции использование таких установок невозможно ввиду высокой адгезии изолирующего лака к токопроводящей жиле. Существуют известные способы зачистки таких проводов: абразивная зачистка, обжиг, химический способ. При абразивной зачистке используются металлические щетки, наждачные круги, наждачная бумага. Обжиг производится чаще всего открытым пламенем или в специальной печи. При химическом же способе снятия изоляции, проводник помещается в кислоту, например ацетилсалициловую, и подвергается нагреву. Каждый из этих способов имеет свои недостатки и преимущества. Так, при механическом способе зачистки тонких и особо тонких проводов велика вероятность обрыва провода в месте

* Выполнено в рамках проекта ГПО ПрЭ-0732 – Источник питания инверторного типа для ручной электродуговой сварки.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

зачистки или же, наоборот, некачественной зачистки. При обжиге в пламени или в печи изоляцию обжигаемого участка приходится сжигать полностью, а продукты сгорания лака, содержащие канцероген бензопирит, утилизировать. Время нагрева преимущественно контролирует оператор, что обуславливает возможность перегрева или недогрева провода и, как следствие, некачественную зачистку провода. Кислотный же способ требует расходного материала – ацетилсалициловой или иной кислоты, а парообразные продукты разложения кислоты и лака также наносят вред здоровью оператора.

Мы предлагаем использовать метод индукционного нагрева [1] поверхности токопроводящей жилы с целью разрушения адгезионных связей между поверхностью токопроводящей жилы и внутренней поверхностью лака. При этом сгорает меньшая часть снимаемой изоляции, тогда как большая часть отслаивается и удаляется элементарно.

Данный способ снятия с провода эмалево-лаковой изоляции позволяет:

1. Повысить скорость процесса обжига провода (для примера время, затрачиваемое на обжиг провода диаметром 0,3 мм, составляет не более 0,2 с).
2. Повысить качество зачистки провода, так как время обжига контролируется устройством, а изоляция сгорает изнутри.
3. Повысить экологичность техпроцесса за счет уменьшения количества продуктов сгорания, в частности бензопирита.

Структурная схема разработанного устройства для снятия эмалево-лаковой изоляции с проводов диаметром от 0,15 до 0,4 мм представлена на рис. 1.

Устройство содержит кнопку Пуск, формирователь импульса *1*, систему управления *2*, инвертор *3*, конденсатор колебательного контура *4*, датчик действующего тока ДТ, индуктор, состоящий из обмотки *5* и магнитопровода *6* с зазором, валики *7*, для удаления остатков лака. При помещении в зазор провода *8* замыкается кнопка Пуск, формирователь импульса *1* запускает систему управления *2*. Система управления *2* запускает инвертор *3* на начальной частоте и посредством датчика тока ДТ отслеживает ток в цепи индуктора. При этом система управления изменяет частоту тока в цепи индуктора с целью достичь заданного действующего значения тока в цепи индуктора, стабилизируя тем самым магнитный поток в зазоре магнитопровода 6 индуктора. Поверхность токопроводящей жилы *8*, заранее помещенной в зазор, нагревается за счет индуцированных в нем переменным магнитным полем вихревых токов (токов Фуко). По окончании заданного времени формирователь импульса отключает систему управления, и устройство



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

возвращается в исходное состояние. Валики *7* предназначены для удаления отслоившихся остатков изоляции.

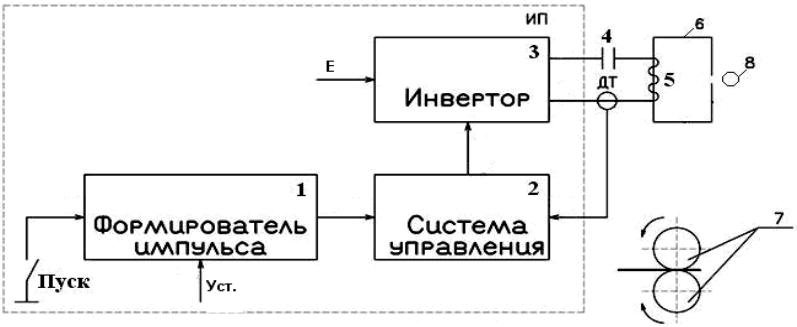



Рис. 1. Структурная схема устройства

Структурная схема системы управления *2* устройства приведена на рис. 2, однако в рамках данной статьи мы не будем детально ее рассматривать.

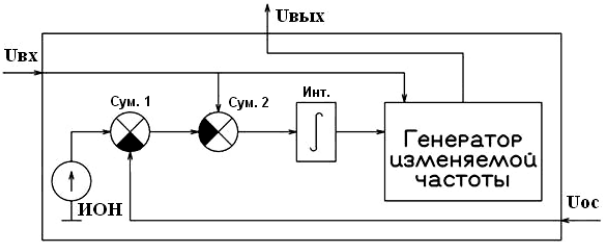



Рис. 2. Структурная схема примера СУ

На представленное устройство подана заявка на патент Российской Федерации на полезную модель.

Подводя итоги, мы можем утверждать, что данный способ снятия эмалево-лаковой изоляции с провода проверен и подтвержден. На его основе разработано устройство для снятия эмалево-лаковой изоляции с проводов диаметром от 0,15 до 0,4 мм. На данный момент это устройство проходит опытную эксплуатацию на ЗАО «НПЦ «Полюс». Дальнейшая коммерциализация проекта будет способствовать повышению производительности труда, повышению качества моточных изделий и повышению экологичности технологического процесса их изготовления.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Гудэ Ж. Промышленная электроника. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1960.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ

***Д.В. Ксынкин, студент; А.В. Шарапов, проф.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, sav@ie.tusur.ru*

Рейтинговая система аттестации студентов на уровне университета использует оценки по дисциплинам семестра в зачетных и экзаменационных ведомостях («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «зачтено») и оценки текущей успеваемости, полученные в период контрольных точек КТ1 и КТ2. Предполагается использование автоматизированной информационной системы (АИС) для формирования ректорского списка и надбавок к стипендиям успевающих студентов. Система стимулирует ритмичную работу по дисциплинам, заканчивающимся экзаменом, и значительно повышает весомость дисциплин, заканчивающихся зачетом.

Важным при разработке системы является вопрос о том, достаточно ли такого небольшого объема исходной информации для успешного ранжирования студентов по успехам в учебе среди групп одного курса факультета (ранжирование всех студентов одного курса ТУСУРа нецелесообразно, так как заранее известно, что все лидирующие места займут студенты гуманитарного факультета). Удастся ли выявить победителей среди отличников? Как повысить объективность рейтинговой аттестации?

Прежде всего необходимо регламентировать правила выставления оценок за КТ1 и КТ2 для всех преподавателей, иначе доверия к результатам соревнования студентов по учебе не будет ни у кого (табл. 1).

Таблица 1

**Предлагаемый вариант формирования оценок КТ1 и КТ2**

| Словесная характеристика оценки | Процент набранных баллов по отношению к максимально возможным с начала семестра | Оценка, выставляемая в ведомость контрольной точки |
|---|---|---|
| Отлично | 80–100 | 5 |
| Хорошо | 60–79 | 4 |
| Удовлетворительно | 40–59 | 3 |
| Неудовлетворительно | 0–39 | 0 |

Например, к первой контрольной точке студент выполнил на 7 индивидуальное домашнее задание (его максимальный балл 10) и ответил на 8 из 10 вопросов контрольной работы (ее максимальный балл также равен 10). Набрав 15 баллов из 20 возможных, он получит за КТ1 оценку 4.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Университетский рейтинг мы предлагаем сделать близким по смыслу к понятию «средний балл» (число от 0 до 5, вычисляемое с точностью до тысячных долей). Он может быть семестровым и итоговым и отражает успеваемость студента не только по итогам семестра, но и во время контрольных точек.

Приведение семестрового и итогового рейтинга к «средней оценке», а не к 100-балльной шкале более естественно при работе с оценками. Оно позволяет не использовать понятие «балл» на университетском уровне и тем самым не создавать путаницы для студентов и преподавателей, которые вкладывают в это понятие четкий физический смысл (балл ставится, например, за правильное решение одной задачи контрольной работы).

**Семестровый рейтинг студента** определяется по формуле

$$R_{\text{С}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} Q_i \ ,$$

где $n$ – количество дисциплин в семестре; $Q_i$ равно обычной оценке (3, 4, 5) для практик и госэкзамена; $Q_i = 0{,}53Э + 0{,}19KT1 + 0{,}28KT2$ для дисциплин, заканчивающихся экзаменом, ГПО, курсовых проектов; $Q_i = 0{,}3KT1 + 0{,}7KT2$ для зачетов; $KT1$, $KT2$ – оценки, выставляемые в ведомости контрольных точек; $Э$ – оценки (3, 4, 5), выставляемые в экзаменационные ведомости.

**Итоговый рейтинг студента** определяется по формуле

$$R_{\text{И}} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^{k} R_{\text{С}i} \ ,$$

где $k$ – количество пройденных семестров.

Коэффициенты в формулах для $Q_i$ подобраны так, что при отличных оценках за экзамены и контрольные точки $Q_i$=5. Заметим, что для оценок «неудовлетворительно» или «не зачтено» $Q_i$ обнуляются.

Таблица 2

**Рейтинговые оценки для дисциплины, заканчивающейся зачетом,**

$Q_i = 1 + 0{,}4KT1 + 0{,}4KT2$

| КТ1 | КТ2=0 | КТ2=3 | КТ2=4 | КТ2=5 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2,2 | 2,6 | 3 |
| 3 | 2,2 | 3,4 | 3,8 | 4,2 |
| 4 | 2,6 | 3,8 | 4,2 | 4,6 |
| 5 | 3 | 4,2 | 4,6 | 5 |

Подсчитаем количество рейтинговых оценок для дисциплины, заканчивающейся зачетом. Если применить формулу с равными коэффициентами при КТ1 и КТ2, как это зафиксировано в действующем положении о рейтинговой системе, то неповторяющихся оценок будет только 9 (табл. 2, повторяющиеся значения рейтинга подчеркнуты). Мы изменили коэффициенты



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

при КТ1 и КТ2 (табл. 3, вес КТ2 целесообразно принять более высоким, чем вес КТ1). Неповторяющихся оценок оказалось 16. Это максимально возможная разрешающая способность при четырех оценках в КТ. Увеличить ее можно до 25, введя дополнительную оценку «не аттестован» (0–19)%, сузив диапазон оценки «неудовлетворительно-2» до (20–39)% (см. табл. 1).

Таблица 3

**Рейтинговые оценки для дисциплины, заканчивающейся зачетом,**

$Q_i = 0{,}3KT1 + 0{,}7KT2$

| КТ1 | КТ2=0 | КТ2=3 | КТ2=4 | КТ2=5 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2,1 | 2,8 | 3,5 |
| 3 | 0,9 | 3 | 3,7 | 4,4 |
| 4 | 1,2 | 3,3 | 4 | 4,7 |
| 5 | 1,5 | 3,6 | 4,3 | 5 |

Компьютерное моделирование показало очень низкую разрешающую способность (всего 14) формулы действующего положения $Q_i = 0{,}5Э + 0{,}25KT1 + 0{,}25KT2$ для оценки ГПО, курсового проекта и дисциплин с экзаменом. Путем подбора коэффициентов при КТ1 и КТ2 ($Q_i = 0{,}53Э + 0{,}19KT1 + 0{,}28KT2$) ее удалось увеличить до максимально возможного значения 48 (табл. 4). При пяти оценках в КТ разрешающая способность этой формулы возросла бы до 75.

Таблица 4

**Оценки по дисциплинам, заканчивающимся экзаменом**

| № | Оценки | № | Оценки | № | Оценки |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5,000 | 17 | 3,910 | 33 | 3,220 |
| 2 | 4,810 | 18 | 3,810 | 34 | 3,190 |
| 3 | 4,720 | 19 | 3,770 | 35 | 3,070 |
| 4 | 4,620 | 20 | 3,750 | 36 | 3,000 |
| 5 | 4,530 | 21 | 3,720 | 37 | 2,990 |
| 6 | 4,470 | 22 | 3,660 | 38 | 2,960 |
| 7 | 4,440 | 23 | 3,600 | 39 | 2,880 |
| 8 | 4,340 | 24 | 3,560 | 40 | 2,710 |
| 9 | 4,280 | 25 | 3,530 | 41 | 2,690 |
| 10 | 4,250 | 26 | 3,520 | 42 | 2,650 |
| 11 | 4,190 | 27 | 3,490 | 43 | 2,540 |
| 12 | 4,090 | 28 | 3,470 | 44 | 2,430 |
| 13 | 4,060 | 29 | 3,410 | 45 | 2,350 |
| 14 | 4,050 | 30 | 3,380 | 46 | 2,160 |
| 15 | 4,000 | 31 | 3,280 | 47 | 2,120 |
| 16 | 3,940 | 32 | 3,240 | 48 | 1,590 |

В качестве примера рассмотрим семестр, в котором изучается 10 дисциплин (КП, 5 с экзаменом и 4 с зачетом). Семестровый рейтинг отличника, получившего за все КТ четверки, будет равен 4,318. Если он получит 4 за все КТ1 – $R_c = 4{,}766$. Если отличник получит 4 за КТ2



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

по дисциплинам с зачетом – $R_c$ = 4,720. На факультете с числом студентов на курсе порядка 200–300 совпадение семестрового рейтинга у нескольких студентов при использовании наших рекомендаций становится маловероятным.

Семестровый рейтинг определяет величину единоразовой рейтинговой премии в тыс. руб., которую мы предлагаем выплачивать студентам, не получившим троек за КТ и экзамены ($R_c$ = 4,000÷5,000).

В ректорский список рекомендуем вносить определенный процент (например, 5%) студентов ТУСУРа, стоящих первыми в списке по величине итогового рейтинга на каждом факультете. Если работать по действующему положению, при котором в список попадают студенты с рейтингом более 4,75, то ректорский список будет наполовину состоять из студентов гуманитарного факультета.

При расчете международных буквенных оценок ECTS после ранжирования успевающих студентов каждого курса факультета по величине итогового рейтинга оценку *A* получают первые 10% студентов выстроенного списка, оценку *B* – следующие 25%, оценку *C* – следующие 30%, следующие 25% получают оценку *D* и оценку *E* – последние 10%. Мы предлагаем эту оценку приводить в характеристике студента, желающего продолжить свое обучение за границей вместе с формулировкой типа «знания соискателя характеризует оценка *A*, так как среди 250 студентов ФЭТ, закончивших третий курс, он занимает 15-е место по величине итогового рейтинга».

## АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНЗИСТОРНЫМИ КЛЮЧАМИ ФОРМИРОВАТЕЛЯ АСИММЕТРИЧНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА (НАПРЯЖЕНИЯ)

***А.С. Урюпов, студент 5-го курса;***
***В.А. Федотов, зав. лаб. УМЦ Freescale Semiconductor;***
***А.В. Храмцов, зав. лаб. СКБ «Импульс»;***
***В.Д. Семенов, доцент, к.т.н., зам. зав. каф. по научной работе***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, Alex_rdcity@mail.ru*

Известно, что электрохимические процессы на постоянном токе приводят к быстрой пассивации электродов, старению ионообменных мембран и, как следствие, к возрастанию сопротивления электролизера, что значительно ухудшает использование электрической энергии и приводит к снижению экономической эффективности [1]. Использование переменного асимметричного тока позволяет существенно уменьшить указанные недостатки, а воздействие на воду и водно-солевые



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

растворы переменным электромагнитным полем различных частот способствует выводу системы из равновесного состояния и повышению реакционной способности системы, о чем свидетельствуют зависимости физико-химических показателей от частоты, приведенные в [1].

Схема электрическая двухфазного инвертора с регулированием потенциала нулевой точки приведена на рис. 1.

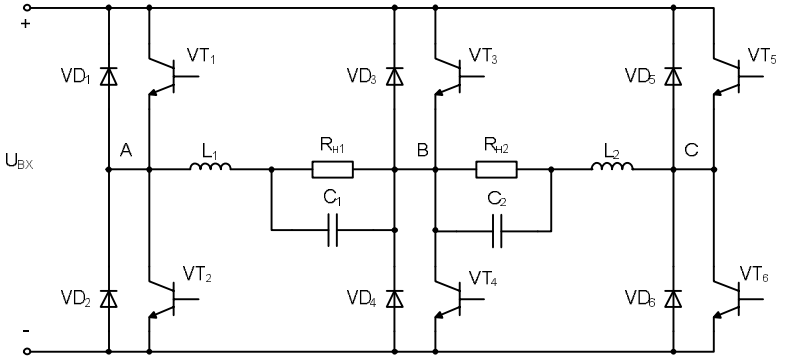



Рис. 1. Схема двухфазного инвертора с регулированием потенциала нулевой точки

Каждая из транзисторных стоек двухфазного инвертора напряжения с регулируемым потенциалом средней точки работает независимо. Причем транзисторы каждой стойки работают в противотакте. Обозначим через $\gamma_1$, $\gamma_2$, $\gamma_3$ отношение длительности включенного состояния верхнего транзистора соответствующей стойки ко всему периоду, т.е. относительную длительность включенного состояния указанных транзисторов. Тогда длительности включенного состояния нижних транзисторов соответствующих стоек будут равны $1-\gamma_1$, $1-\gamma_2$, $1-\gamma_3$.

Реализуем на каждой стойке равномерную многократную однополярную ШИМ по синусоидальной функции построения [2]. Причем функции построения для каждой стойки зададим со своей собственной амплитудой, а вот частоты функций построения и частоту квантования зададим одинаковыми [3], т.е.:

$$\gamma_1(t)=\mu_1\cdot\left|\sin(\omega\cdot t)\right|,$$

$$\gamma_2(t)=\mu_2\cdot\left|\sin(\omega\cdot t)\right|,$$

$$\gamma_3(t)=\mu_3\cdot\left|\sin(\omega\cdot t)\right|,$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

где $\mu_1$, $\mu_2$, $\mu_3$ – глубина модуляции соответственно каждой транзисторной стойки.

Тогда разность потенциалов между точками А, В и В, С соответственно составит:

$$U_{AB}(t) = E \cdot (\gamma_1(t) - \gamma_2(t)) = E \cdot (\mu_1 - \mu_2) \cdot \left|\sin(\omega \cdot t)\right|,$$

$$U_{BC}(t) = E \cdot (\gamma_2(t) - \gamma_3(t)) = E \cdot (\mu_2 - \mu_3) \cdot \left|\sin(\omega \cdot t)\right|.$$

Тем самым мы получим на нагрузке $R_{н1}$ выпрямленное синусоидальное напряжение амплитуды $\mu_1 - \mu_2$, а на нагрузке $R_{н2}$ – $\mu_2 - \mu_3$. Причем если взять за положительное направление тока на нагрузке $R_{н1}$ направление от точки *B* к точке *A*, а на нагрузке $R_{н2}$ – от *B* к *C*, (клеммы положительной полярности должны быть объединены), то получается, что на нагрузке $R_{н1}$ формируется отрицательная полуволна, а на нагрузке $R_{н2}$ – положительная.

Следовательно, разность потенциалов между точками *A* и *B* должна быть равна малой полуволне асимметричного синусоидального тока, а между *B* и *C* – большой полуволне:

$$U_{AB}(t) = U_{m-} \left|\sin(\omega \cdot t)\right|,$$

$$U_{BC}(t) = U_{m+} \left|\sin(\omega \cdot t)\right|.$$

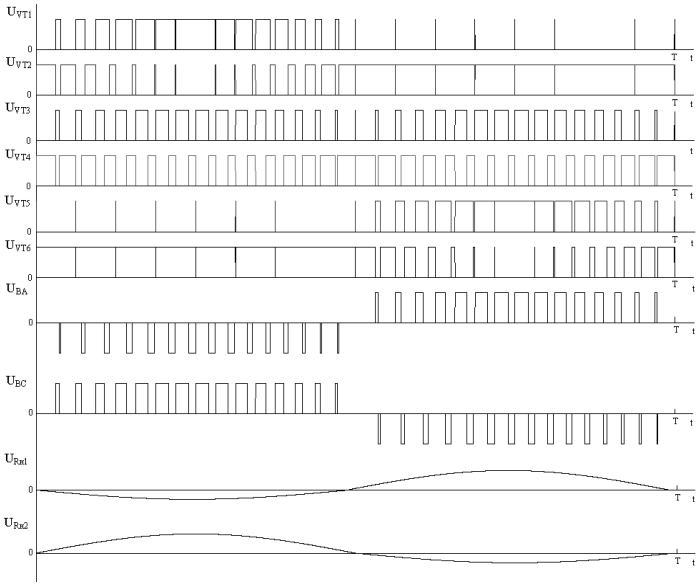



Рис. 2. Диаграммы управляющих сигналов транзисторов, напряжений $U_{BA}$ и $U_{BC}$ и напряжений на нагрузках



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Меняя алгоритм управления крайних транзисторных стоек двухфазного инвертора напряжения каждый полупериод частоты выходного сигнала, формируем на одной нагрузке сначала большую полуволну, затем меньшую, а на другой – наоборот. Соответствующие ШИМ-последовательности, каждая из которых построена по своей синусоидальной функции, подаются на указанные ключи инвертора, изображеные на Рис. . Логическая единица соответствует открытому состоянию транзистора, а логический ноль – закрытому. Кроме того, на каждой нагрузке будем также иметь ШИМ-последовательность соответствующую асимметричному синусоидальному напряжению, сдвинутому на полпериода выходной частоты, как показано на Рис. .

Отфильтровав полученные ШИМ-последовательности между точками *A*, *B* и *B*, *C* *LC*-фильтром мы получим требуемое асимметричное синусоидальное напряжение на каждой нагрузке, как показано на Рис. .

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Семенов В.Д., Семенова Г.Д., Павлова А.Н., Саркисов Ю.С. Электрохимически активированная вода в технологии цементных систем / Под ред. Ю.С. Саркисова. Томск: Изд-во ТУСУРа, 2007. 181 с.

2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. М.: Техносфера, 2005. 632 с.

3. Маканков К.В. Дипломный проект кафедры ПрЭ. 2007. Неопубликованная работа.

## МИНИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ОБМОТКАХ ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ ПРИ ДВУХКАНАЛЬНОМ И ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ

***В.П. Усов, аспирант; С.А. Бронов, д.т.н., профессор, рук. НУЛ САПР СФУ; В.Д. Семенов, к.т.н., доцент, зам. зав каф. ПрЭ по НР***

*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, Dr.fox_SL@mail.ru*

К электроприводам (ЭП) ряда специальных устройств, в частности систем поворота антенн (СПА) и батарей солнечных (БС) космических аппаратов (КА), предъявляются жёсткие требования не только в отношении равномерности вращения на малой скорости, точности позиционирования, срока активной службы (САС), но и по снижению потерь в электроприводе. Перспективными для применения в КА являются электроприводы двойного питания на базе двигателей с электромагнитной редукцией [1], называемых также индукторными двигателями (ИДДП). Данные машины имеют две многофазные статорные



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

обмотки и зубчатый ротор. Обе обмотки запитываются многофазными напряжениями переменного тока, при этом скорость определяется разностью частот напряжений первой и второй обмоток, что дает возможность регулирования скорости в широком диапазоне. Так как одна и та же скорость привода определяется разностью частот, то возникает вопрос выбора этих частот. Применительно к КА одним из предъявляемых требований является минимум потребления электрической энергии ввиду ограниченности ее ресурсов на борту КА. В частности, к уменьшению потребления электрической энергии приводит снижение потерь в обмотках, при этом также уменьшается нагрев двигателя, что приводит к повышению его надежности.

Используя линеаризованную математическую модель двигателя во вращающейся двухфазной системе координат [2], запишем уравнения состояния для установившегося режима:

$$\left.\begin{aligned}
&\alpha_1\cdot\Psi_{1x0}-\alpha_1\cdot k_2\cdot\Psi_{2x0}-\omega_{10}\cdot\Psi_{1y0}=U_{1m0}\cdot\cos(\varepsilon_{10});\\
&\omega_{10}\cdot\Psi_{1x0}-\alpha_1\cdot k_2\cdot\Psi_{2y0}+\alpha_1\cdot\Psi_{1y0}=U_{1m0}\cdot\sin(\varepsilon_{10});\\
&-\alpha_2\cdot k_1\cdot\Psi_{1x0}+\alpha_2\cdot\Psi_{2x0}-\omega_{20}\cdot\Psi_{2y0}=U_{2m0}\cdot\cos((-\theta_{M0})+\varepsilon_{10});\\
&-\alpha_2\cdot k_1\cdot\Psi_{1y0}+\alpha_2\cdot\Psi_{2y0}+\omega_{20}\cdot\Psi_{2x0}=U_{2m0}\cdot\sin((-\theta_{M0})+\varepsilon_{10}),
\end{aligned}\right\}$$

где $k_1=\frac{L_m}{L_1}$; $k_2=\frac{L_m}{L_2}$; $\sigma=1-\frac{L_m^2}{L_1\cdot L_2}=1-k_1\cdot k_2$; $\alpha_1=\frac{R_1}{\sigma\cdot L_1}$; $\alpha_2=\frac{R_2}{\sigma\cdot L_2}$;

$R_1$, $R_2$ – активные сопротивления обмоток; $L_1$, $L_2$, $L_m$ – собственные и взаимная индуктивности.

Из приведённой системы получаются выражения для токов:

$$i_{1x0}=\frac{1}{L_1\sigma}\left(\Psi_{1x0}-k_2\Psi_{2x0}\right);\ i_{1y0}=\frac{1}{L_1\sigma}\left(\Psi_{1y0}-k_2\Psi_{2y0}\right);$$

$$i_{2x0}=\frac{1}{L_2\sigma}\left(\Psi_{2x0}-k_1\Psi_{1x0}\right);\ i_{2y0}=\frac{1}{L_2\sigma}\left(\Psi_{2y0}-k_1\Psi_{1y0}\right)$$

и электромагнитного момента, из которых можно выразить угол нагрузки:

$$\theta_{M0}=\arcsin\left[\frac{M_{10}-M_{20}+M_{st0}}{M_{12.0}}\right]-\operatorname{arctg}\left(\frac{\alpha_2\omega_{10}-\alpha_1\omega_2}{\alpha_1\alpha_2\sigma+\omega_{10}\omega_{20}}\right),$$

где $M_{10}=\frac{L_m\alpha_2k_1\omega_{2.0}}{\sigma L_1L_2\cdot\left(a^2+b^2\right)}\cdot U_{1m0}^2$; $M_{20}=\frac{L_m\alpha_1k_2\omega_{1.0}}{\sigma L_1L_2\cdot\left(a^2+b^2\right)}\cdot U_{2m0}^2$;

$$M_{12.0}=\frac{L_mU_{1m0}U_{2m0}}{\sigma L_1L_2\cdot\left(a^2+b^2\right)}\times\sqrt{A+B}\ ;\ A=\left(\alpha_1\alpha_2\sigma+\omega_{10}\omega_{20}\right)^2;$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$B=(\alpha_1\omega_{20}-\alpha_2\omega_{10})^2$; $a=\omega_{10}\omega_{20}-\alpha_1\alpha_2\sigma$; $b=\alpha_1\omega_{20}+\alpha_2\omega_{10}$; $\omega_{10}$, $\omega_{20}$ – частоты первого и второго напряжений; $M_{st0}$ – момент нагрузки.

Полученные выше выражения используем для определения мощности потерь в обмотках:

$$P=i_{1x0}^2R_1+i_{1y0}^2R_1+i_{2x0}^2R_2+i_{2y0}^2R_2 .$$

Опишем алгоритм поиска оптимального значения частот питающих напряжений $\omega_{10}$ и $\omega_{20}$, оптимальных с точки зрения минимума мощности электрических потерь:

1) задаются статический момент нагрузки $M_{st0}$ и скорость ротора $\omega_r$;

2) частота $\omega_{20}$ берется как неизвестный параметр, а частота $\omega_{10}=\omega_r+\omega_{20}$;

3) находится значение угла нагрузки $\theta_{M0}(\omega_{20})$;

4) находятся значения потокосцеплений $\Psi_{1x0}(\omega_{20})$, $\Psi_{1y0}(\omega_{20})$, $\Psi_{2x0}(\omega_{20})$, $\Psi_{2y0}(\omega_{20})$;

5) находятся значения токов в обмотках $i_{1x0}(\omega_{20})$, $i_{1y0}(\omega_{20})$, $i_{2x0}(\omega_{20})$, $i_{2y0}(\omega_{20})$;

6) находится значение мощности электрических потерь $P(\omega_{20})$; графики данной функций для различных значений момента и скорости представлены на рис. 1 и 2 как функции $J(\omega_{20},\omega_r,M_{st0})$;

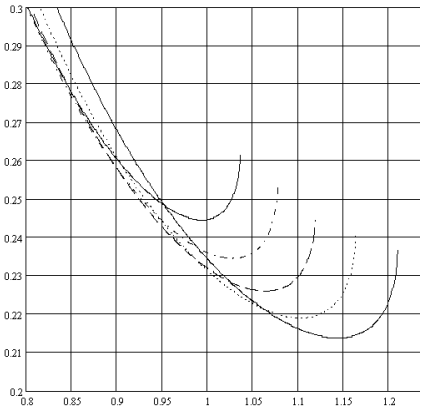



Рис. 1. Зависимости мощности потерь от частот при разных скоростях (чем выше скорость, тем больше потери)

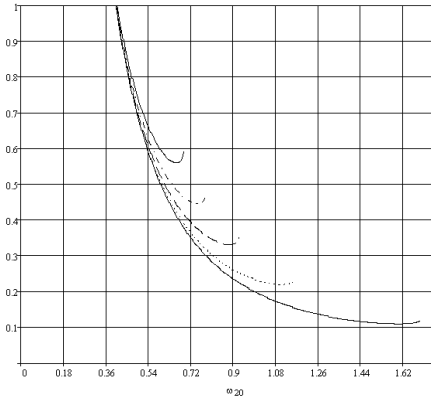



Рис. 2. Зависимости мощности потерь от частот при разных моментах нагрузки (чем выше момент, тем больше потери)



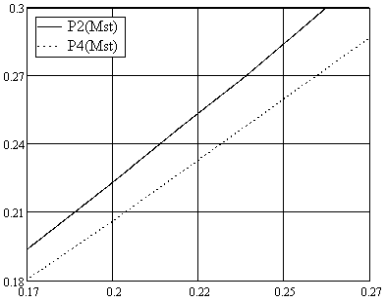
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

7) находится значение частоты $\omega_{20}$ в точке минимума электрической мощности потерь в обмотках. Затем вновь повторяется пункт 2 и определяется $\omega_{20}$ .

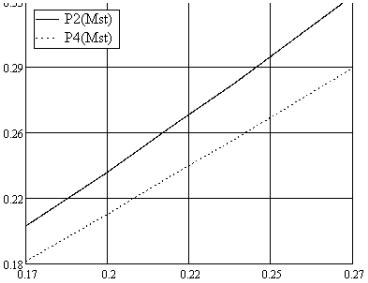
Данный алгоритм был реализован в программном пакете Mathcad и может служить программой для расчета оптимальных, с точки зрения минимума электрических потерь, частот питающих напряжений. Помимо этого, данная программа позволяет расширять возможности управления путем введения в алгоритм поиска оптимальных амплитуд питающих напряжений.

Чтобы сравнить, насколько различаются потери в установившемся режиме при двухканальном и четырехканальном управлениях, рассмотрим наиболее типичные режимы, в которых работают исследуемые двигатели. Для этого исследуем влияние изменения момента нагрузки –10%....+30% от номинальной мощности двигателя на электрические потери, для трех скоростей.

В результате получены зависимости $P(M_{st})$ для трех двигателей с различной номинальной мощностью, представленные на рис. 3–5.

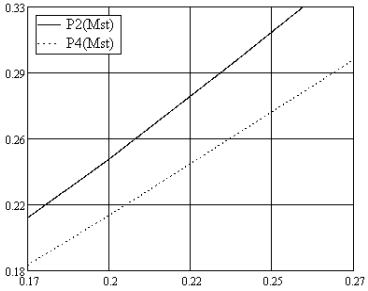



$\omega_r = 0{,}2$




$\omega_r = 0{,}3$

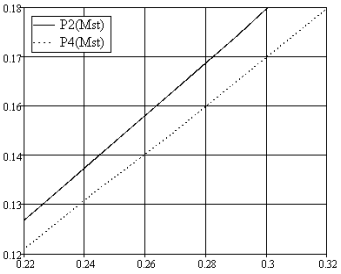
Рис. 3. Зависимости мощности потерь от момента нагрузки при двухканальном и четырехканальном управлении для ИДДП-1



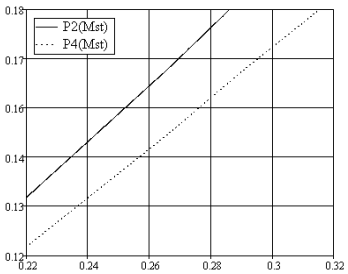

$\omega_r = 0{,}4$



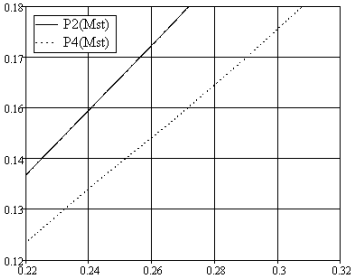
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)




$\omega_r = 0,2$

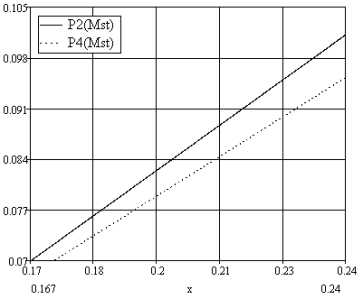



$\omega_r = 0,3$

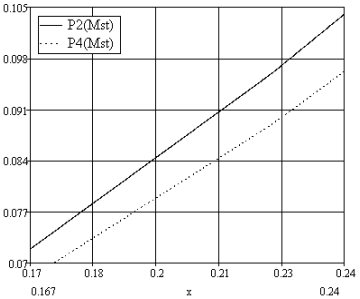



$\omega_r = 0,4$

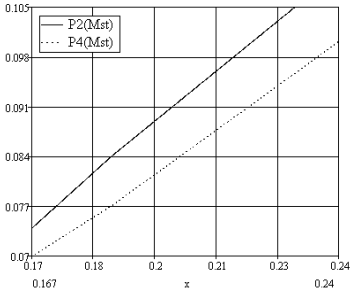
Рис. 4. Зависимости мощности потерь от момента нагрузки при двухканальном и четырехканальном управлении для ИДДП-2




$\omega_r = 0,2$




$\omega_r = 0,3$




$\omega_r = 0,4$

Рис. 5. Зависимости мощности потерь от момента нагрузки при двухканальном и четырехканальном управлении для ИДДП-3



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Обозначение на представленных выше рисунках P2(Mst) и P4(Mst) показывает зависимость потерь мощности от момента нагрузки при двухканальном и четырехканальном управлении.

Из графиков видно, что существенные различия, порядка 20%, появляются на более высоких скоростях при перегрузках двигателя на 20–30%, где целесообразно использовать четырёхканальное управление.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Каасик П.Ю. Тихоходные безредукторные микроэлектродвигатели. Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1974. 136 с.

2. Бронов, С.А., Овсянников В.И., Соустин Б.П. Регулируемые электроприводы переменного тока. Красноярск: КГТУ, 1998. 273 с.

## МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УДАЛЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

***Ю.В. Вачугова, Т.Б. Дарибаев, Д.О. Самойлов, Д.В. Святенко, студенты 3-го курса; А.В. Шарапов, науч. рук., проф.***

*г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, каф. Пр, Э0902pre@gmail.com*

Зачастую при создании микропроцессорных устройств требуется организовать передачу данных между функциональными блоками, которые находятся на расстоянии друг от друга. Для решения данной проблемы удобно использовать последовательный двухпроводной интерфейс UART. Удобство заключается в том, что для снятия данных не нужно тянуть длинные провода от каждого датчика, а можно скомпоновать датчики и микроконтроллер в одном блоке, который будет передавать данные на блок приема всего по двум проводам в виде последовательности байтов.

Система для удаленного измерения метеорологических параметров состоит из измерительного блока-передатчика и блока-приемника (рис. 1). Микроконтроллер измерительного блока получает информацию от датчиков по запросу и отправляет ее в блок приема посредством UART по трем проводам (два сигнальных и один общий) или по радиоканалу. Микроконтроллер блока приема обрабатывает полученную информацию и выводит ее на LCD-дисплей либо на ПК.

Для измерения метеорологических параметров выбраны:

– цифровой датчик влажности SHT10;

– аналоговый датчик давления MPX4115A.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Выбор МК ATMega16 обусловлен требуемым объемом памяти программ, наличием АЦП, последовательных портов передачи данных и открытых средств разработки.

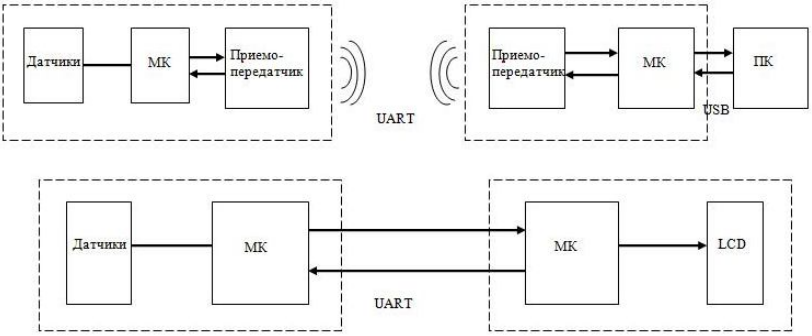



Рис. 1. Структурные схемы устройств удаленного сбора данных

Программа микроконтроллера разрабатывалась на языке Си с помощью компилятора CodeVision AVR. Для организации передачи данных с датчика влажности через интерфейс $I^2C$ на МК использовался пример с сайта производителя. Компьютерное моделирование устройства проводилось в симуляторе Proteus VSM (рис. 2).

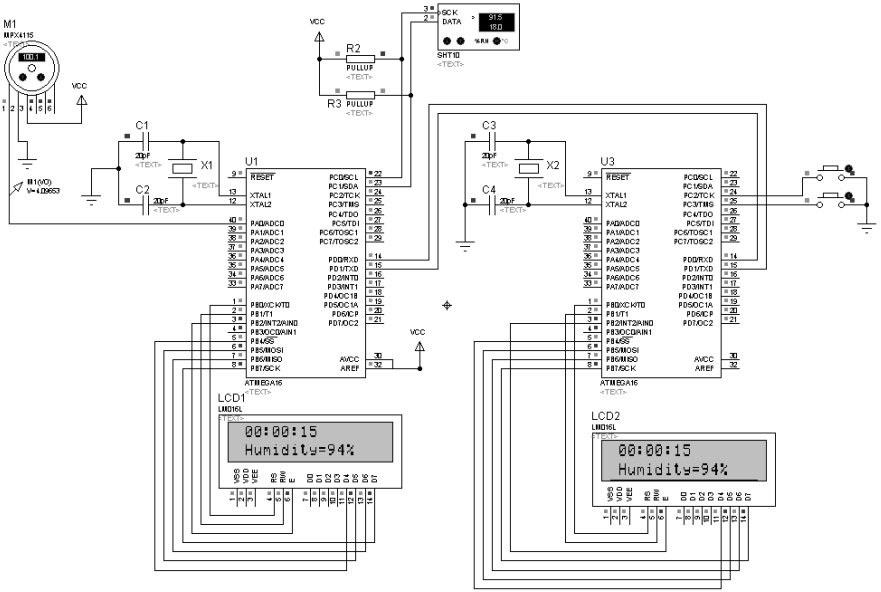



Рис. 2. Моделирование устройства с помощью симулятора Proteus VSM



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Компилятор создает файл прошивки с расширением «.hex», который может быть загружен непосредственно в микроконтроллер или в модель микроконтроллера в симуляторе Proteus VSM для проверки работоспособности программы.

На рабочем поле Proteus VSM разрабатывается упрощенная электрическая схема устройства. В каждый микроконтроллер загружается соответствующая программа в виде «.hex» файла. Модели обоих датчиков и микроконтроллера имеются в библиотеке моделей Proteus VSM.

Итак, была произведена разработка микропроцессорной системы для удаленного измерения метеорологических параметров, а также отладка программ контроллеров в среде симулятора. Таким образом, система полностью готова к непосредственной сборке из радиоэлектронных компонентов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Шарапов А.В. Основы микропроцессорной техники: Учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. 188 с.

2. Microcontroller ATmega16, Rev. 2466R-06/08 – AVR, 2008. 358 с.

3. Integrated pressure sensor MPX4115A, Rev. 5 – Freescale Semiconductor, 2009. 14 с.

4. Humidity and Temperature Sensor SHT1x, Rev. 4.2 – Sensirion, 2009. 11 с.

5. http://avr123.nm.ru. Краткий курс. Микроконтроллеры AVR.

6. http://www.societyofrobots.com. Microcontroller UART tutorial.

## ОСОБЕННОСТИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

***В.Ю. Войко, аспирант; К.Ф. Матвеев, нач. отдела, к.т.н.;***
***В.Д. Семенов, доцент, к.т.н.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, vvasilii1986@list.ru*

В условиях сегодняшней действительности становится актуальной тема экономии и максимально эффективного использования энергии. Это достигается внедрением новых преобразователей, увеличивающих ресурс оборудования, позволяющих максимально эффективно использовать существующие цепи передачи электрической энергии.

Главным требованием к шахтному электрооборудованию является высокий уровень безопасности, который достигается с помощью устройств релейных защит.

Под устройством релейной защиты подразумеваются: совокупность реле, приборов и вспомогательных элементов, которые при воз-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

никновении повреждений и нештатных режимов работы оборудования должны обеспечить безопасное отключение оборудования с индикацией причины отключения (рис. 1).

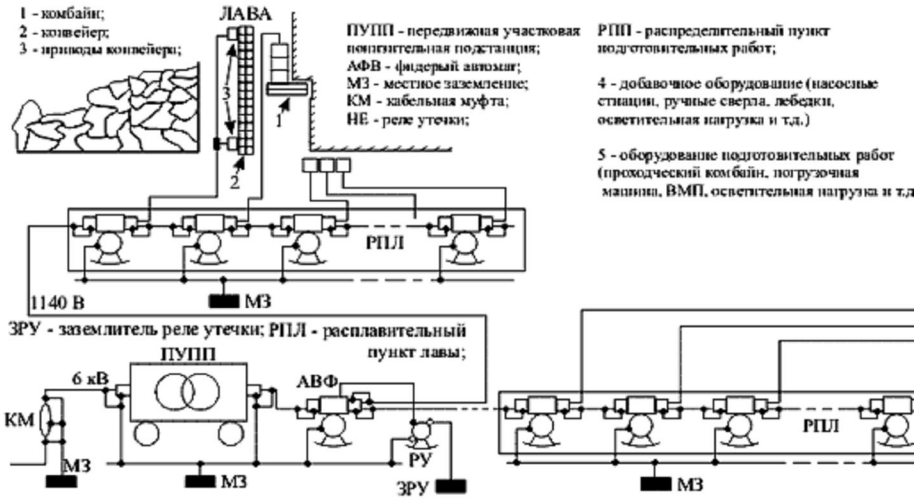



Рис. 1. Эквивалентная схема шахтной участковой сети

К примеру, полупроводниковые преобразователи (ПП), на сегодня, являются наиболее эффективными средствами регулирования скорости вращения, управления пуском и торможением двигателей горных машин. Внедрение ПП позволяет сократить время вынужденных простоев комплекса [1].

Однако новые разработки оборудования влекут за собой усложнение защитных устройств.

Исследования показали, что широко используемые устройства защиты рудничного оборудования (УМЗ, ПМЗ, БМЗ [2]) при работе на нелинейную нагрузку некорректно обеспечивают защиту шахтной сети.

Однако повышенные требования безопасности [3] не позволяют использовать известные для наземных сетей защитные устройства в шахтной и горнодобывающей промышленности, а если использование и становится возможным, то приходится прибегать к установке нескольких защит одновременно или закладывать кратный запас надежности в оборудование, что значительно усложняет конструкцию, увеличивает экономические затраты и снижает общую надежность системы.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В таблице приведены примеры особенностей использования релейных защит для наземных (воздушных) и подземных (шахтных) сетей.

**Особенности использования релейных защит**

| Вид защиты | Реализация | Нагрузка | Наземные сети | Шахтные сети |
|---|---|---|---|---|
| КЗ | А | Л | + | |
| | Ц, К | Н | + | +/- |
| Перегрузка по току | А | Л | + | |
| | Ц, К | Н | + | +/- |
| КЗ на землю | А | Л | + | |
| | Ц | Н | +/- | X |
| | К | | + | +/- |
| От прикосновения человека | А | Л | + | |
| | Ц | Н | X | X |
| | К | | +/- | |
| | | | + | +/- |
| Тепловая | А, Ц, К | Л, Н | + | |
| Несимметрии нагрузки | А | Л | + | |
| | Ц | Н | X | X |
| | К | | +/- | |
| | | | + | +/- |
| Дуговая | А, Ц, К | Л,Н | + | |
| От высших гармоник [5] | А | Л | - | |
| | Ц | Н | X | X |
| | К | | +/- | |
| Пробой изоляции | А | Л | + | X |
| | Ц, К | Н | | +/- |

Условные обозначения: (–) – защита не применяется; (+) – защита обеспечивается на 100%; (+/–) – защита обеспечивается частично; (X) – защита не обеспечивается; А – интегральное значение одного



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

параметра; Ц – расчетное значение, сформированное на основе мгновенных значений; К – как правило, цифровая, на основе некоторого множества параметров; Л – линейная нагрузка; Н – нелинейная нагрузка.

Из таблицы следует:

1. На сегодняшний момент релейные защиты полностью обеспечивают стабильную работу линейного шахтного оборудования.

2. Безопасность работы наземных сетей полностью обеспечивается комбинированными устройствами релейной зашиты.

3. Из-за специфики шахтной сети существующие устройства релейной защиты способны частично обеспечить безопасность работы шахтной сети с нелинейной нагрузкой, либо вообще не способны зарегистрировать повреждение.

Поэтому задача обеспечения правильного и своевременного обнаружения повреждений в шахтной сети при работе на нелинейную нагрузку сейчас является актуальной.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Нудельмана Г.С., Булычева А. Релейная защита. Совершенствование за счет упреждающих функций газовых сред. М.: Изд-во стандартов, 2006. Новости электротехники. 2009. №4(58).

2. Риман Я.С. Защита подземных электрических установок угольных шахт. М.: Недра, 1977. 206 с.

3. ГОСТ 51330–2007. Электрооборудование взрывозащищенное. М.: Госстандарт, 1999.

4. Климов В.П., Москалев А.Д. Проблемы высших гармоник в современных системах электропитания // Практическая силовая электроника. Науч.-техн. сб. / Под ред. Г.М. Малышкова, А.В. Лукина. М.: АОЗТ «ММП-Ирбис», 2002. Вып. 5.

## ИОНОМЕР С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКОЙ АНАЛИЗИРУЕМОГО ВОДНОГО РАСТВОРА*

***В.С. Востриков, студент; В.Д. Семёнов, к.т.н., доцент;***
***С.В. Образцов, к.т. н.; В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО;***
***А.М. Ивлева, аспирант ТПУ***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, tronex@sibmail.com*

Измерение концентрации ионов конкретного типа в сложных водных растворах, содержащих ионы многих химических элементов, особенно в режиме оперативного измерения, является актуальным, на-

* Выполнен в рамках проекта ГПО ПрЭ-0731 –Лабораторный источник питания аппарата электрохимической активации водных растворов.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

пример для измерения примесей в питьевой воде. Приборы, осуществляющие такие измерения, будут востребованы, в том числе и для других целей, например определение примесей в нефтепродуктах.

На сегодняшний момент существуют следующие методы измерения концентрации химических элементов в водных растворах: кондуктометрический метод, потенциометрический метод, оптические методы анализа. Проанализировав методы определения концентраций примесей в водных растворах и устройства, которые предлагает рынок на сегодня (концентратомер кондуктометрический КВЧ 5М, иономер лабораторный И-160М, фотометр ЭКСПЕРТ-003), сделан выбор использования потенциометрического метода анализа, так как данный метод наиболее удовлетворяет критериям селективности, оперативности измерения и является наиболее подходящим для решения наших задач. Измерительными датчиками при использовании потенциометрического метода анализа являются ионоселективные электроды (ИСЭ). Для каждого ИСЭ существуют мешающие ионы, например при измерении концентрации железа ($Fe^{3+}$) мешающими ионами являются ионы ртути и серебра ($Hg^{2+,}$ $Ag^{+}$). При использовании ИСЭ необходимо исключить на них действие «мешающих ионов». Для этого в ходе работы над проектом была разработана электрохимическая ячейка (ЭЯ), функциональная схема которой представлена на рис. 1.

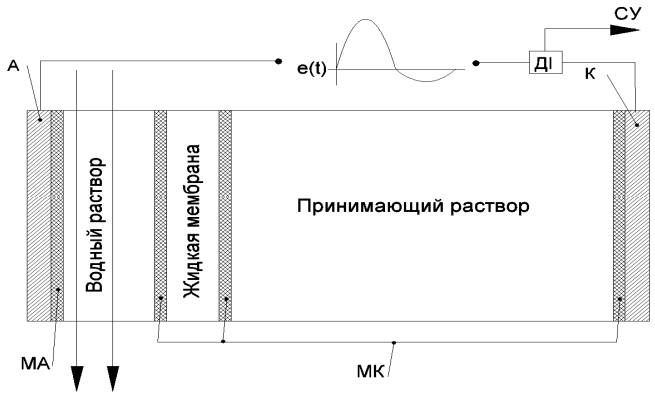



Рис. 1. Функциональная схема ЭЯ

На рис. 1 приняты следующие обозначения: МК и МА – ионообменные мембраны – соответственно катионообменная и анионообменная; А – анод; К – катод; ДІ – датчик тока; СУ – система управления. Принцип работы ячейки изложен в [1].



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

С помощью электрохимической ячейки осуществляется выделение анализируемого химического вещества из исходного водного раствора в раствор принимающий. Измерения примесей ионоселективными электродами производится уже не непосредственно в анализируемом водном растворе, а в растворе принимающем, где исключено действие «мешающих ионов» на их работу.

С помощью датчика тока, введённого в цепь питания электрохимической ячейки, удаётся определять момент окончания выделения анализируемого химического элемента из водного раствора в раствор принимающий. Ток, протекающий в цепи питания электрохимической ячейки, определяется только количеством ионов, прошедших через жидкую мембрану. Через жидкую мембрану могут проходить только определенные ионы, количество которых нам и необходимо определить, поэтому с течением времени ток будет уменьшаться вследствие уменьшения количества ионов, способных перейти через жидкую мембрану. При достижении значения тока, равного $I_{мин}$, характерного для ячейки, можно говорить о полном переносе определяемого химического элемента из водного раствора в раствор принимающий. Функциональная схема иономера с электрохимической подготовкой анализируемого водного раствора (ИСЭПВР) показана на рис. 2.

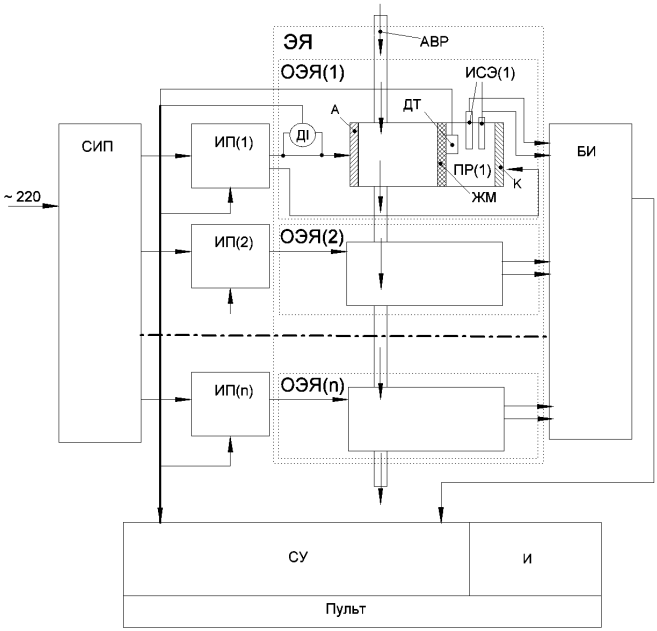



Рис. 2.Функциональная схема ИСЭПВР



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 2 приняты следующие обозначения: СИП – сетевой источник питания; ИП(1), ИП(2) … ИП(*n*) – источники питания для 1, 2, …, *n* отсека электрохимической ячейки (ОЭЯ); ДІ – датчик тока; АВР – анализируемый водный раствор; А – анод; К – катод; ДТ – датчик температуры; ЖМ – жидкая мембрана; ПР – принимающий раствор; ИСЭ – ионоселективные электроды; БИ – блок измерения; СУ – система управления; И – блок индикации.

ИСЭПВР позволяет селективно и достаточно оперативно измерять концентрацию химических элементов в водных растворах, а также решает главную проблему использования ИСЭ – проблему ионов, мешающих производить измерения.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Востриков В.С., Семёнов В.Д., Образцов С.В., Федотов В.А. Устройство оперативного (селективного) измерения концентрации марганца и железа в водном растворе // Итоги науч.-исслед. работ и курс. проектир. студ. 1–4 курсов каф. ПрЭ: Матер. ежегодной науч.-практ. конф. (26–27 февр. 2009 г., г. Томск). Томск, 2009. С. 23–28.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ AVR С ИНТЕРФЕЙСОМ JTAG

***Д.В. Ксынкин, студент; А.В. Шарапов, науч. рук., к.т.н., проф.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ,* den_1988@inbox.ru

Микроконтроллеры активно развиваются, увеличивается количество ресурсов вследствие развития технологии, одни архитектуры сменяют другие. Для качественного образования инженеров соответствующих специальностей, необходимы современное лабораторное оборудование и специализированные методические материалы.

В данное время на кафедре промышленной электроники ТУСУРа имеются макеты с ядром 8051. Данное ядро еще используется в промышленности, но устарело морально. Ядро 8051 относится к CISC-архитектуре – архитектура с «полным» набором команд. Характеризуется она развитым набором команд и несколькими методами адресации. Для реализации CISC-набора команд необходимо довольно сложное аппаратно ядро, как следствие, повышение тактовой частоты становится сложной задачей. Когда процессоры стали сложными, выразительные наборы команд превратили Ассемблер в подобие языка высокого уровня, и мало кто из программистов мог эффективно использовать столь сложные архитектуры, был сделан следующий шаг – RISC-архитектура. Это архитектура с сокращенным набором команд. Использованы простые команды, выполняющиеся преимущественно за



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

один такт (кроме команд перехода и некоторых специфических команд). Из режимов адресации в большинстве случаев осталась лишь регистровая. Зато количество регистров общего назначения на порядок увеличилось, это призвано компенсировать потери производительности, связанные с упрощением. Ядро RISC-архитектуры получается значительно проще ядра CISC и может работать на более высоких частотах. Большое количество равноправных регистров общего назначения и возросшие ресурсы контроллеров позволяют использовать языки высокого уровня, например Си.

Одним из ярких представителей своего семейства являются производимые фирмой Atmel RISC микроконтроллеры AVR. Современные, производительные (для своей ниши), недорогие, эти контроллеры получили широкое распространение в промышленности и в быту. Отладочные средства и платы для AVR-контроллеров поставляются производителем. Но они не лишены недостатков – отсутствие методических руководств для проведения лабораторных работ, отсутствие возможности заказать нужную конфигурацию платы, довольно высокая стоимость. Осознавая это, некоторые вузы разработали собственные лабораторные макеты для изучения микроконтроллеров AVR. Например, в Томском политехническом университете имеется один из таких макетов. Неоспоримое достоинство этого макета перед разрабатываемым нами является наличие переконфигурируемой логической части, расширяемой внешними компонентами. Из недостатков – отсутствие LCD-дисплея, связи с ПК и главный – высокая стоимость.

Учитывая вышесказанное, на кафедре промышленной электроники ТУСУРа, был разработан и создан макет для изучения AVR-микроконтроллеров (рис. 1).

Макет обладает следующими важными характеристиками:

− Наличие AVR® микроконтроллера, с доступом к нему посредством интерфейса JTAG.

− Возможность передавать данные с целевого микроконтроллера на персональный компьютер и обратно через интерфейс RS-232.

− Наличие знакосинтезирующего дисплея, способного отображать четыре строки по 20 символов, с кириллицей.

− Наличие доступа к коммуникационным интерфейсам целевого микроконтроллера через стандартизированный разъем.

− Наличие доступа к интерфейсу аналогового компаратора, внешних прерываний, каналам входного захвата и выходного сравнения целевого микроконтроллера через стандартизированный разъем.

− Наличие кнопок, подключенных к каналам внешних прерываний и входного захвата целевого микроконтроллера.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

– Наличие четырех светодиодов, подключенных к портам ввода-вывода целевого микроконтроллера.

– Питание от шины USB. Максимальный ток, потребляемый устройством, не превышает 500 мА.

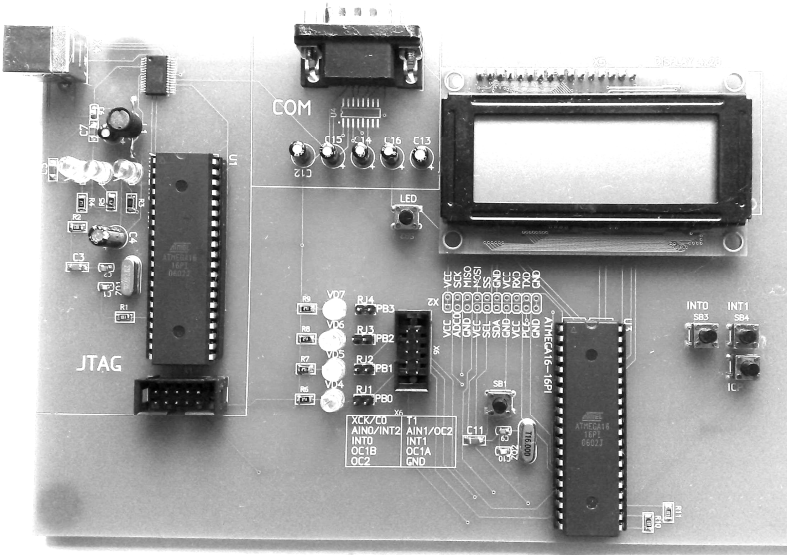



Рис. 1. Общий вид лабораторного макета

Наличие JTAG интерфейса обеспечивает макету следующие свойства [1]:

– Отладчик имеет доступ к следующим блокам микроконтроллера:

- все внутренние периферийные блоки;
- внутреннее и внешнее ОЗУ;
- регистровый файл;
- программный счетчик;
- EEPROM и флэш-память программ.

– Отладочная система поддерживает большинство условий прерываний, в том числе:

- прерывания по инструкциям AVR-микроконтроллера;
- прерывание по изменению потока памяти программ;
- пошаговое прерывание;
- точки прерывания памяти программ по одиночному адресу или адресному диапазону;
- точки прерывания памяти данных по одиночному адресу или адресному диапазону.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

– Программирование флэш-памяти программ, EEPROM, конфигурационных бит и бит защиты программы через интерфейс JTAG.

– Встроенная отладочная система поддерживается AVR Studio.

Используя данный макет, в частности внутрисхемный JTAG-эмулятор – GTAGICE, студенты смогут досконально изучить ядро AVR, получить опыт работы со знакогенерирующим дисплеем и интерфейсом RS-232. Ключевым отличием от эмулятора, используемого для проведения лабораторных работ, является возможность работы в реальном масштабе времени и получение навыка работы с аппаратурой.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Atmel Corporation, Интерфейс JTAG и встроенная отладочная система. URL: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/avr/arh128/13.htm.

## ДВУХЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ

***С.К. Земан, к.т.н.; А.В. Осипов, к.т.н.; А.В. Юшков, м.н.с.***

*г. Томск, ОП «НИИ АЭМ ТУСУР», AVYushkov@rambler.ru*

В настоящее время двухчастотный индукционный нагрев начинает активно применяться в промышленности для термообработки деталей и плавки металла.

Одним из вариантов формирования двухчастотного тока преобразователя частоты (ПЧ) является широтно-импульсная модуляция (ШИМ) напряжения, подаваемого на двухчастотный резонансный контур. Данная работа посвящена анализу равномерной многократной ШИМ [1].

Включение индуктора $L_n$ непосредственно по входу двухчастотного контура (рис. 1) позволяет получить равные соотношения амплитуд синтезируемых гармоник в токе и напряжении ПЧ. За счет этого в процессе регулирования ШИМ в схеме сохраняются высокие энергетические показатели.

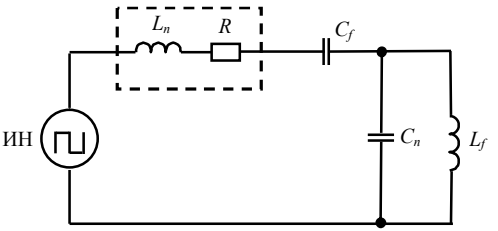



Рис. 1. Схема двухчастотного ПЧ с ШИМ



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Управляющее воздействие в схеме рис. 1 формируется сравнением двустороннего пилообразного напряжения амплитудой $E$ с опорным сигналом $U_{оп}$ на одном полупериоде и его разностью ($E–U_{оп}$) на другом (рис. 2). В результате на такте управления резонансного мостового инвертора образуются интервалы закороченного состояния и состояния включения на выход инвертора.

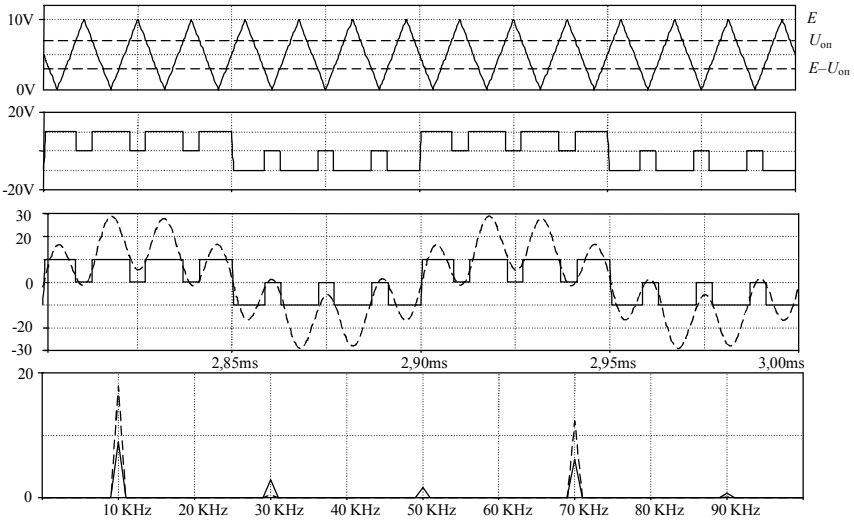



Рис. 2. Временные диаграммы характеристик однополярной равномерной многократной ШИМ

Регулирование амплитуд синтезируемых гармоник достигается изменением опорного напряжения. По мере увеличения закороченного интервала амплитуда 1-й гармоники уменьшается, а 7-й – увеличивается, до достижения длительности импульсов γ=0,5, после чего уменьшаются амплитуды обеих гармоник (рис. 3):

$$U_{M1} = \frac{4E\gamma}{\pi}, \qquad U_{M\nu} = \frac{2E}{\pi}\left(\sin(\pi\gamma) + \frac{2\gamma}{\nu}\right),$$

регулировочная характеристика отношения амплитуд гармоник

$$\sigma I = \frac{2\gamma}{\sin(\pi\gamma) + \frac{2\gamma}{\nu}}.$$

Для расчета энергетических характеристик коэффициента мощности $К_м$ и габаритной мощности $P_г^*$ многократной однополярной ШИМ были получены соотношения (рис. 4):



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$K_{\text{м}} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{\sigma I^2} + 1} \cdot \sqrt{\gamma}, \qquad P_{\text{г}}^{*} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1 + 1/\sigma I}{1 + 1/\sigma I^2} \cdot \frac{1}{\gamma}.$$

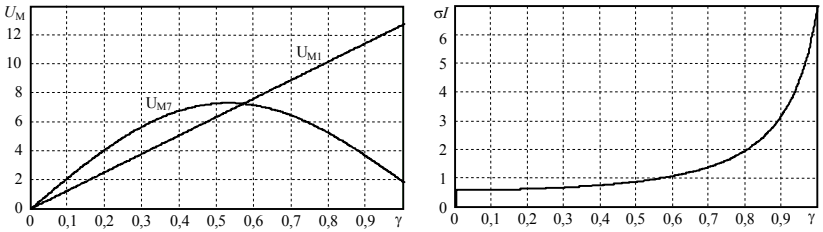
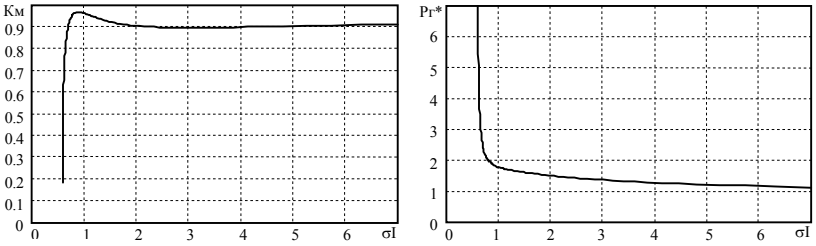



Рис. 3. Регулировочные характеристики при синтезе 1-й и 7-й гармоник




*а* *б*

Рис. 4. Энергетические характеристики многократной однополярной ШИМ:
*а* – $K_{\text{м}}(\sigma I)$, *б* – $P_{\text{г}}^{*}(\sigma I)$

Эффективный диапазон регулирования σ*I* ограничен областью 1< σ*I* <ν, за пределами этого диапазона $K_{\text{м}}$ резко уменьшается, $P_{\text{г}}^{*}$ возрастает, а σ*I* при γ<0,5 практически не изменяется.

Справедливость полученных результатов подтверждена экспериментальными испытаниями, представленными на рис. 5.

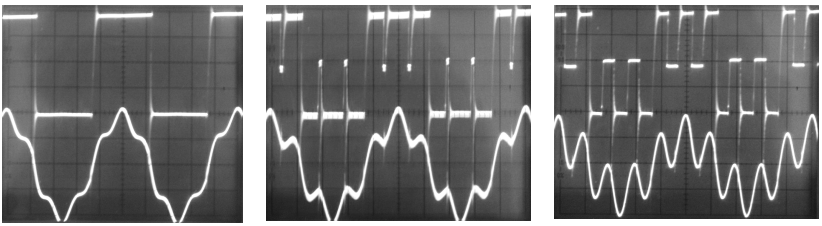


Рис. 5. Осциллограммы выходного тока и напряжения

Равномерная многократная ШИМ напряжения последовательного резонансного инвертора позволяет получить заданный двухчастотный состав выходных параметров при использовании одного ПЧ. Диапазон



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

регулирования соотношения амплитуд синтезируемых гармоник тока ограничен $\gamma$=0,5.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Моин В.С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. М.: Энергоатомиздат, 1986. 376 с.

## УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ИМИТАТОРА ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ*

***А.А. Загваздин, студент; Н.С. Легостаев, к.т.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, lns@ie.tusur.ru*

Расчет габаритных мощностей элементов DC/DC-преобразователей [1] позволил сделать вывод, что реализация модуля DC/DC преобразователя на базе двухтактного преобразователя более предпочтительна.

DC/DC-преобразователь предназначен для ШИМ преобразования выпрямленного сетевого напряжения в пониженное постоянное напряжение с его стабилизацией. Преобразователь содержит мостовой инвертор с частотой коммутации ключей 50 кГц, силовой трансформатор TV, двухполупериодный выпрямитель со средней точкой, двухзвенный *LC*-фильтр, датчик тока $I_{диаг}$ в диагонали инвертора, датчик выходного напряжения (рис. 1). Устройство управления формирует импульсы управления силовыми ключами инвертора с целью стабилизации напряжения, а в случае превышения номинального тока транзистора устройство управления обеспечивает повторно-восстанавливаемую защиту. Модуль защиты по току формирует сигналы аварийного отключения DC/DC-преобразователя без повторного включения, когда ток $I_{диаг}$ превышает уровень тока повторно-восстанавливаемой защиты на $(0{,}2–0{,}25)I_{пв}$.

Функциональная схема управления инвертором DC/DC-преобразователя представлена на рис. 2.

Датчик тока формирует импульсы напряжения, которые повторяют форму тока $I_{диаг}$ и имеют вершину с наклоном, обусловленным суммой формы тока намагничивания трансформатора TV и скоростью нарастания тока через эквивалентную индуктивность первичной цепи трансформатора. Эти импульсы напряжения суммируются с импульсами генератора пилообразного напряжения и используются в качестве развертки для компаратора ШИМ-преобразования.

* Выполнено в рамках проекта ГПО ПрЭ-0736 – Имитатор трехфазной сети.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

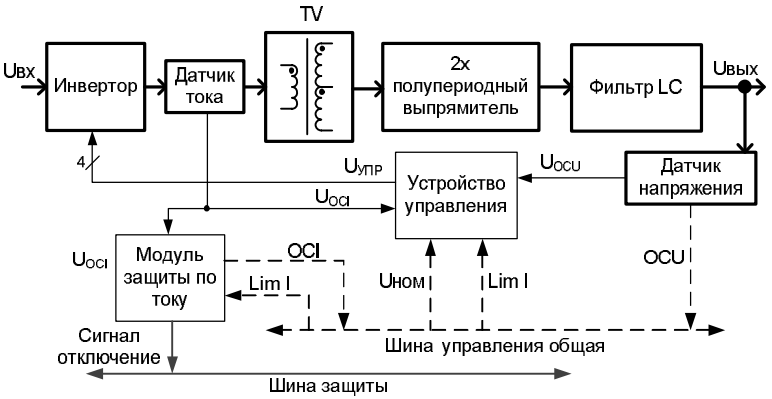



Рис. 1. Функциональная схема DC/DC-преобразователя

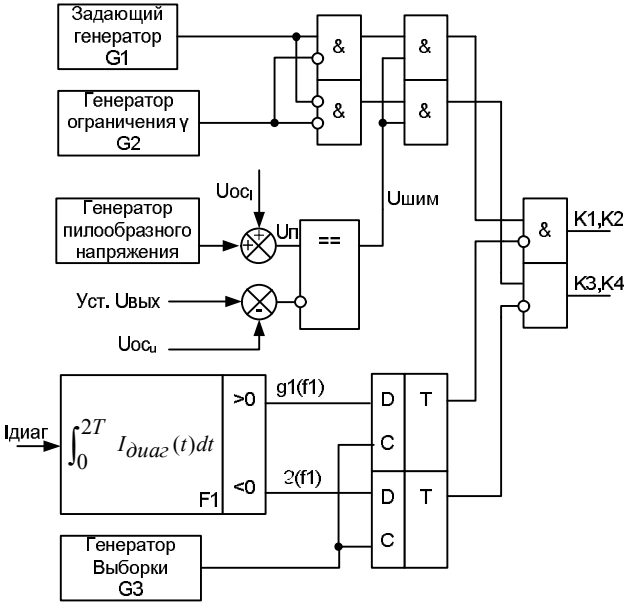



Рис. 2. Функциональная схема управления

Такое решение позволяет устранить несимметрию воздействия тока на первичную обмотку трансформатора, предотвращая его замагничивание, и обеспечить стабильность работы DC/DC-преобразователя при малых γ дополнительным увеличением крутизны наклона импульсов напряжения $U_{\text{п}}$ пилообразной формы. Временные диаграммы работы блока управления показаны на рис. 3.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

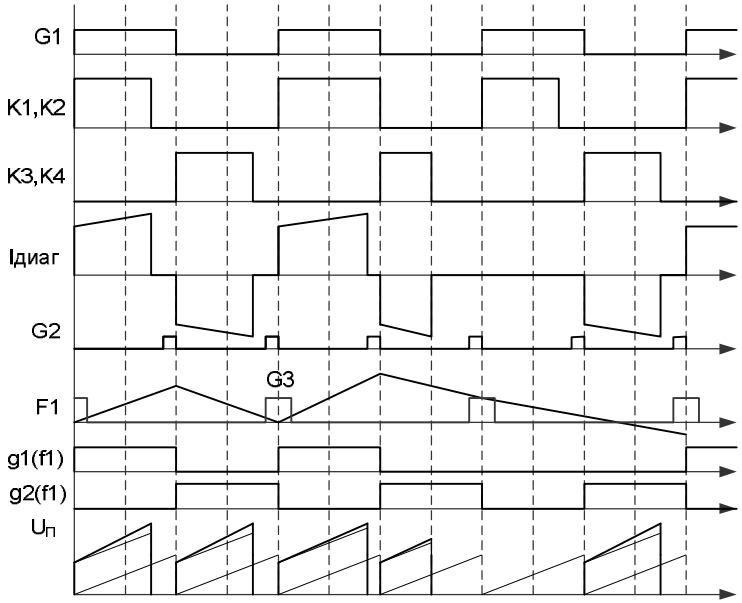



Рис. 3. Временные диаграммы работы блока управления

Представленный принцип управления может быть реализован с применением ШИМ-контроллера UC3846 фирмы Unitrode [2], предназначенного для управления двухтактными преобразователями с возможностью выравнивания площадей токовых полуволн в диагонали мостового транзисторного инвертора с целью исключения режима замагничивания силового трансформатора.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Горбачёв Е.В., Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Обоснование выбора DC/DC преобразователя для имитатора трехфазной сети // Научная сессия ТУСУР-2009: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 2009.

2. http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/uc1846.pdf



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# УСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНАЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ МЕТОДОМ ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИИ

***В.В. Зайцев, Р.С. Головня, студенты;***
***В.Д. Семенов, к.т.н., доцент; С.В. Образцов, к.т.н.;***
***А.М. Ивлеева, аспирант ТПУ***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, vladimir_zaisev@mail.ru*

Сегодня в мире очень остро стоит проблема чистой питьевой воды. Около 1 млрд человек на планете не имеют доступа к чистой питьевой воде, соответствующей требованиям предельно допустимой концентрации загрязняющих веществ. И, к сожалению, в будущем это число будет расти. По некоторым оценкам ученых всего мира, к 2025 г. по меньшей мере 3,5 млрд, человек – примерно половина населения земного шара – будут испытывать недостаток питьевой воды [1].

Существующие методы очистки воды можно разделить на четыре типа:

1) Химическая очистка. Наиболее распространенный способ очистки воды. Вода, очищенная таким образом, имеет весьма негативное влияние на здоровье человека.

2) Физико-химическая очистка. Включает в себя обширный спектр способов очистки: мембранные методы, ионообменные методы и т.д.

3) Механическая очистка. Применяется для удаления из воды наиболее крупных загрязнений.

4) Биологическая очистка. Применяется в совокупности с другими способами очистки.

Гальванокоагуляция – метод очистки воды, основанный на слипании частиц коллоидной системы при их столкновениях в процессе направленного перемещения во внешнем силовом поле. В бак гальванокоагулятора засыпают два типа металлической стружки, имеющих различные стандартные потенциалы (*Eh*) в водных растворах. Чаще всего это медь (*Eh* = 0,337 В) и железо (*Eh* = – 0,44 В) в соотношении 1:2,5. Таким образом, мы имеем гальванопару, где медь выступает в качестве катода, а железо – в качестве анода. За счет электрохимических реакций, происходящих в приэлектродном пространстве этих микро-элементов, происходит очистка воды.

Преимущества метода гальванокоагуляции.

1) Обеспечивается достаточно глубокая очистка воды.
2) Обеспечивается низкий расход электроэнергии.
3) Происходит нейтрализация как кислых вод, так и щелочных.
4) Гальванокоагуляция наиболее экологичный способ.
5) Высокая скорость процесса.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Однако метод гальванокоагуляции имеет ряд недостатков. Самый значимый недостаток – это постепенное загрязнение частиц металла выступающих в качестве электродов, продуктами электрохимических реакций. Как следствие, общее уменьшение производительности и качества очистки. Решить этот вопрос можно введением в цикл очистки генератора озона. После завершения цикла очистки вода проходит обезжелезивание путем пропускания через трехслойный механический фильтр на основе горелой породы.

Вначале вода, подлежащая очистке, поступает в исходный накопительный бак, затем в гальванокоагулятор, движение металлических частиц в котором осуществляется за счет работы циркуляционного насоса. Через смеситель в гальванокоагулятор поступает озон, вырабатываемый генератором озона (озонатором). Воздух в озонатор поступает через компрессор. После очистки в гальванокоагуляторе вода проходит обезжелезивание в механическом фильтре и поступает в накопительный бак, очищенная и готовая к употреблению.

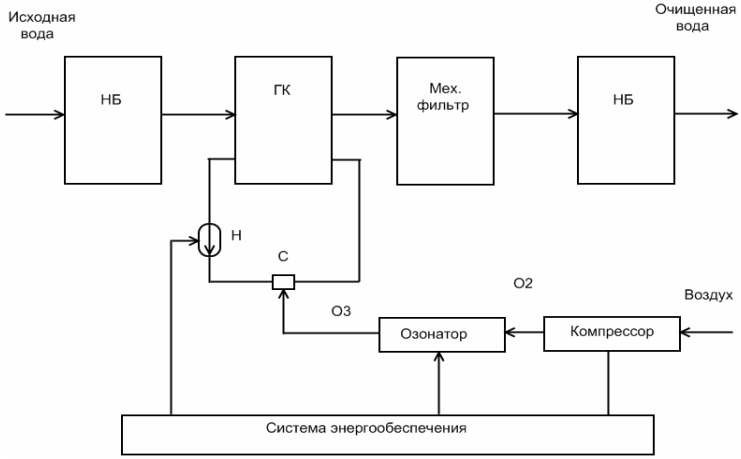



Рис. 1. Функциональная схема установки очистки воды методом гальванокоагуляции

Предложенная схема очистки воды на основе гальванокоагуляции может быть положена в основу при разработке и проектировании системы энергообеспечения и автоматизации.

В настоящее время существует большое количество промышленных установок по очистке воды. Эти установки нацелены на большую производительность и имеют большие габаритные размеры. Производительность разрабатываемой нами установки составляет 60 л/ч, она будет иметь небольшие габаритные размеры и позволит производить



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

очистку воды в самых разнообразных местах, в том числе и в полевых условиях.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. РИА-Новости. Экология – http://eco.rian.ru/shortage/20081113/154978910.html

2. Николадзе Г.И. «Технология очистки природных вод: Учеб. М.: Высшая школа, 1987. 479 с.

3. СНиП II-31 – 74. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

4. Орлов В.А. Озонирование воды. М.: Стройиздат, 1984. 89 с.

## УСТРОЙСТВО СВЯЗИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ПО USB-КАНАЛУ

***Т.В. Гоффарт, Д.Ю. Каргаполов, студенты 3-го курса;***
***С.Г. Михальченко, рук.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, takoff@mail.ru*

В рамках разработки проекта компенсатора реактивной мощности, как и при проектировании любого многофункционального устройства, остро стоит вопрос о необходимости осуществления обмена данными между его частями и системой управления и контроля. В данной работе рассматривается вопрос о канале связи микроконтроллера с персональным компьютером (ПК) как составной части компенсатора.

Сегодня все более популярным и оправданным относительно быстродействия, стоимости и простоты использования является применение USB-канала. Мы предлагаем интегрировать в устройство микроконтроллер передачи, который будет осуществлять сбор информации с датчиков, и передавать её ПК по USB-каналу, способному работать в режиме «горячего подключения». На основе обработки полученных данных оператор может изменить режим работы устройства с ПК, информация с которого по линии связи попадает в МК внутри устройства.

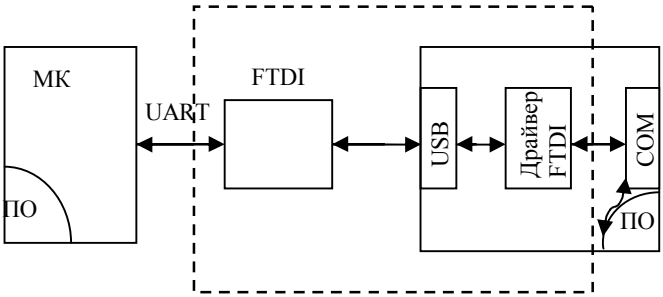



Рис. 1. Структурная схема канала передачи данных



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Однако далеко не все МК сейчас имеют периферию для работы непосредственно с USB, а программная реализация этого протокола достаточно сложна и отнимает немало процессорного времени. С другой стороны, подавляющее большинство МК имеет «на борту» модуль универсального асинхронного приемопередатчика, т.е. такой микроконтроллер при условии согласования уровней сигналов можно подключать непосредственно к COM-порту компьютера, который, однако, у большинства современных компьютеров отсутствует. Поэтому нашей задачей является проектирование устройства, подключаемого к ПК по USB, а на выходе имеющего сигналы, понятные любому МК с модулем USART (или даже с программно реализованным USART). Это очень удобно с учетом того, что ОС воспринимает такой переходник просто как виртуальный COM-порт и позволяет работать с ним с помощью обычных терминальных средств.

В качестве модели необходимого нам канала передачи данных (а именно USB) было произведено макетирование двух USB-программаторов, реализованных на различных микросхемах.

Для первого варианта (рис. 2, *а*) не требуется специальной программы прошивки, так как он реализован на микросхеме FT232RL, которая реализует преобразование интерфейсов RS232-USB.

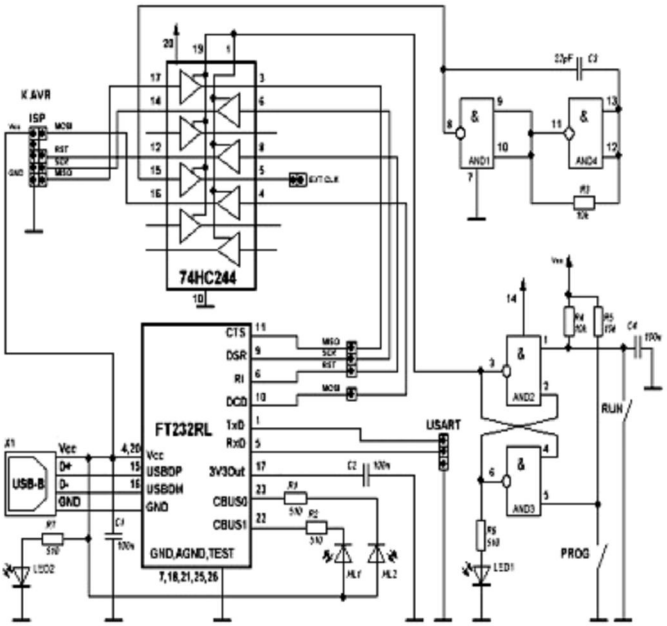
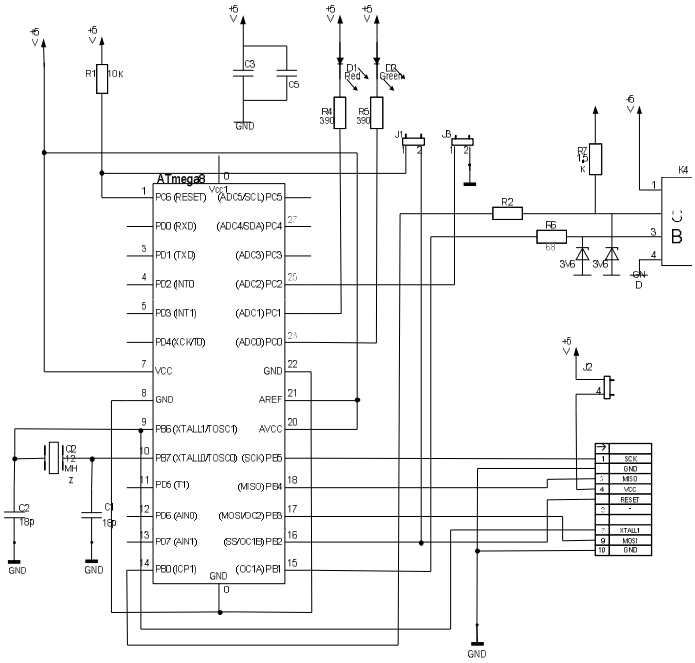



Рис. 2 (начало) *а*



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)




*б*

Рис. 2. (продолжение). Схемы электрические принципиальные макетов канала передачи данных для AVR-микроконтроллеров на основе микросхемы фирмы FTDI (*а*) и на основе микросхемы фирмы Atmel (*б*)

Главным недостатком такого устройства является его высокая стоимость при относительно невысоком быстродействии, для улучшения последнего необходимо использовать дополнительную обвязку. Второй вариант (рис. 2, *б*) реализован на микроконтроллере Atmega8 [3], требующем программного преобразования интерфейсов передачи данных. Интеграция в устройство USB-контроллера таких фирм производителей, как FTDI [2], Atmel [1], Microchip, также значительно увеличивает стоимость устройства и себестоимость его изготовления при «одноразовом» программировании чипа.

Программная реализация протокола USB без использования дополнительных специализированных микросхем хорошо подходит для проектирования таких периферийных устройств компьютера, которые не требуют высоких скоростей обмена по шине USB (подключение датчиков, устройств ввода, специализированных программаторов для чипов). Такое решение значительно упрощает принципиальную схему и снижает стоимость устройства в целом. Проектировать свое устрой-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ство USB и драйвера для него достаточно просто, поскольку имеются подробная документация и простые работоспособные примеры.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Официальный сайт компании Atmel [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.atmel.com, свободный.

2. Официальный сайт компании FTDI [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ftdichip.com , свободный.

3. Краткий курс по AVR-микроконтроллерам [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.avr123.nm.ru

## МОДЕЛЬ IGBT-ТРАНЗИСТОРА ДЛЯ СИЛОВОЙ ЧАСТИ КОМПЕНСАТОРА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И МОЩНОСТИ ИСКАЖЕНИЙ

***Р.Н. Киндеркнехт, А.В. Кручинкин, К.С. Коротков, студенты;***
***С.Г. Михальченко, рук.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, Alexxxkruch@yandex.ru*

Подавляющее большинство потребителей электрической энергии имеют нелинейный характер нагрузки (источники вторичного электропитания, компьютеры, флуоресцентные лампы и т.д. [2]). Нелинейность зависимости выходных параметров (тока и напряжения) от входных обусловливает наличие в спектре тока такой нагрузки высших гармонических составляющих, помимо основной гармоники [1–2]. Для устранения этих негативных явлений применяются компенсаторы реактивной мощности и мощности искажений (КРМиМИ). Принцип действия КРМиМИ (другое название – активный фильтр гармоник) состоит в анализе гармоник тока нелинейной нагрузки и генерировании в разделительную сеть таких же гармоник тока, но с противоположной фазой. Как результат этого, высшие гармонические составляющие тока нейтрализуются (компенсируются) в точке подключения компенсатора. То есть не происходит искажения напряжения первичного источника энергии [1, 3].

Функциональная схема моделируемого КРМиМИ содержит трехфазный выпрямитель на идеальных ключах, управляемых напряжением, коммутируемых с частотой 20 кГц. Каждый ключ соединен параллельно с диодом, что обеспечивает двустороннюю проводимость такой связки (в соответствии с алгоритмом управления).

Емкостный фильтр на выходе преобразователя, сначала запасает энергию за время проводимости диодов, а затем отдает ее обратно через ключи в сеть для компенсации потребленной нелинейной нагрузкой реактивной мощности.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

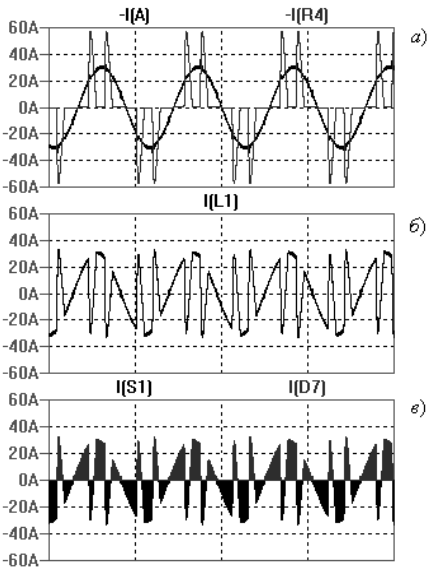



Рис. 1. Диаграммы токов:
*а* – сети и потребляемого нагрузкой;
*б* – фильтрующего дросселя;
*в* – коммутационного элемента
и параллельного ему диода

В результате ток, потребляемый от источника, практически синусоидален, так как содержит только основную (первую) гармонику.

Разрабатываемый компенсатор предназначен для работы с большими уровнями токов и напряжений, поэтому в качестве коммутирующих ключей целесообразно использование IGBT-модулей, способных работать в диапазоне от единиц киловатт до единиц мегаватт. В библиотеках среды SwCAD такие PSpice модели отсутствуют, а сайты фирм производителей обычно не предоставляют такую информацию. Так как в дальнейшем стоит задача моделирования схемы с реальными элементами, то необходимо было разработать такую PSpice модель для конкретного IGBT-модуля [3]. Результаты моделирования представлены на рис. 2.

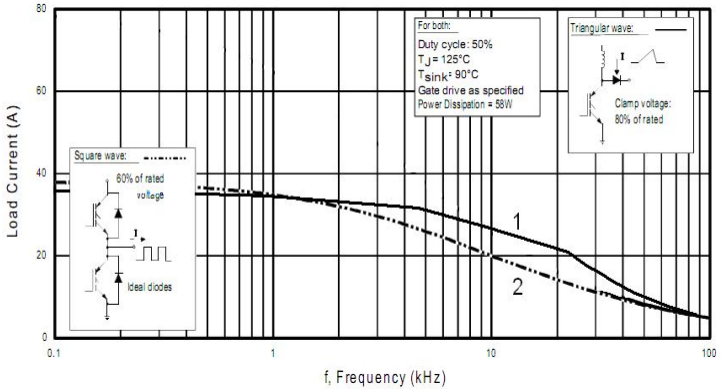



Рис. 2. Зависимость тока на нагрузке от частоты (прямоугольные импульсы 60% от номинального напряжения): *1* – по данным datasheet на транзистор IRG4PSH71K компании International Rectifier; *2* – по результатам расчета в SWCAD



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы: данные, полученные при моделировании довольно хорошо совпадают с данными, представленными в технической документации на исследуемый модуль [4]. В дальнейшем, используя язык PSpice можно будет использовать для модели КРМиМИ.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Михальченко Г.Я., Малаханов А.А. Математическая модель однофазного корректора коэффициента мощности // Доклады ТУСУР.

2. Михальченко Г.Я., Стребков А.С., Хвостов В.А., Шумейко С.А., Промышленная электроника в энергосбережении. Томск, 2007. 308 с.

3. Недолужко И., Воронин П., Лебедев А. Определение параметров PSpice моделей полевых транзисторов МДПТ и биполярных транзисторов IGBT по экспериментальным характеристикам // Силовая электроника. 2006. №4.

4. International Rectifier datasheet irg4psh71k www.chipfind.ru/datashet/irf/irg4psh71k.pdf

## МОБИЛЬНЫЙ БЛОК АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДЕ

***Д.И. Марин, А.А. Петренко, студенты;***
***С.Г. Михальченко, рук.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ*

В современных городах основным средством передвижения является автобусный транспорт. Зачастую пассажиры остаются недовольными использованием сервисов этой структуры. Несвоевременные появления, плохие условия перевозки, недостаточный уровень профессионализма водителей – всё это встречает каждый. В век автоматизации и информационных технологий это кажется неуместным. Предлагаемое к разработке устройство признано решить эту проблему. Стратегически проблема структурируется на ряд тактических проблем:

1) Низкое качество автомобильного транспорта и его большой износ, безобразное техническое обслуживание автомобиля, низкая добросовестность технического обслуживания автомобиля.

2) Неприемлемое качество автомобильных трасс, покрытий автомобильных дорог, неудовлетворительная логика перекрёстков, неадекватное расположение пешеходных переходов, светофоров и дорожных знаков.

3) Низкий профессионализм вождения, отсутствие системы и оборудования для оценивания качества вождения и квалификации водителей, отсутствие системы контроля.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

4) Разрозненность и неконтролируемость автотранспорта участвующего в пассажирских перевозках.

5) Отсутствие единой системы анализа и управления пассажирскими перевозками, анализа транспортной логистики, управления пассажиропотоком.

6) Отсутствие автоматизированных средств сбора информации о состоянии дорог, автотранспорта, пассажиропотока.

7) Отсутствие системы визуализации всего пассажирско-автотранспортного хозяйства для клиента, отсутствие механизма организации обратной связи от пассажира к управлению автотранспортным хозяйством города.

Для решения данного перечня проблем необходимо создание комплексной системы контроля, анализа, визуализации, выработки рекомендательных данных городского масштаба. Разработкой подобной системой занимаются многие службы города и вузов. Инициативная группа студентов ТУСУРа планирует в рамках проекта ГПО разработать фрагменты этой единой системы контроля и управления:

− Мобильный автоматизированный модуль сбора информации о состоянии транспортного средства, качества трассы, качества вождения.

− Диспетчерский центр по сбору (анализу и отображению) информации с мобильных автоматизированных модулей.

− Предлагается к разработке система автоматизации пассажирского транспорта (САПТ), состоящая из двух основных блоков:

*1. Электронный блок управления* (ЭБУ) контроллера, снимающего и обрабатывающего информацию с датчиков и задающего двигателю оптимальный алгоритм работы, таким образом снижая затраты на топливо, а значит, себестоимости перевозок (рис.):

− Оптимизация работы двигателя автомобиля.

− Автоматизация управления транспортного движения и контроль качества перевозок.

Электронный блок управления должен включать следующие основные модули [1]:

− Центральный модуль, микроконтроллер и отображающее устройство.

− Набор датчиков технического состояния (датчик давления, топлива, масла, датчик уровня CO2). Набор датчиков положения автомобиля (крен, тангаж, скорость, ускорение, GPS-модуль).

− Передающий модуль GSM (опционально).

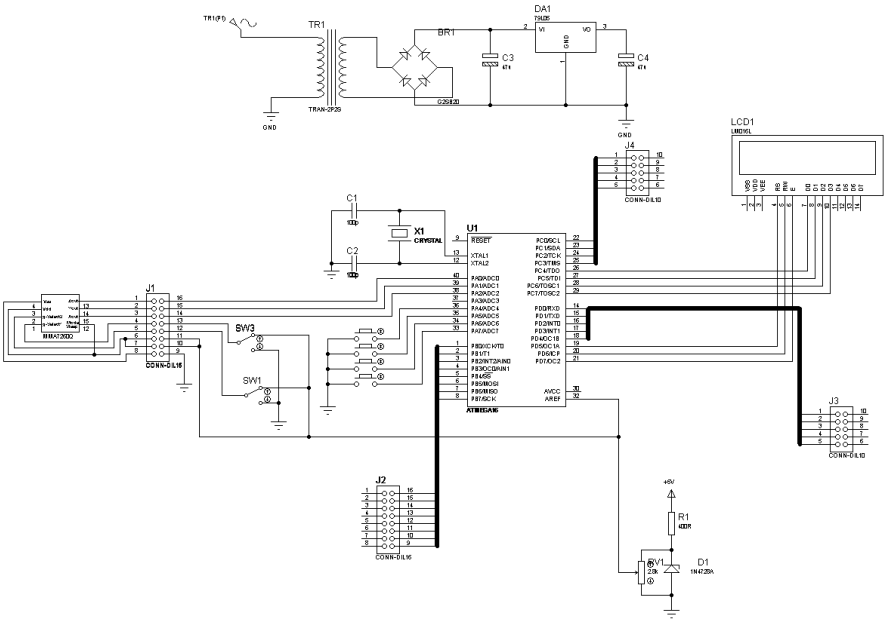
*2. Автоматическая система сбора информации с транспорта (АССИ)* – позволяет подключить ЭБУ каждого автомобиля к единому центру, передать диспетчеру информацию о местонахождении, неполадках, и авариях на дороге. Это даст возможность передать водителю



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

необходимые инструкции для предотвращения перегрузок транспорта. Ещё одной важной способностью является возможность оценивать качество предоставляемых услуг: температура и загазованность салона, колебания во время езды. Это немаловажный фактор в наших климатических условиях. Помимо самого автомобиля, можно оценить професиональные навыки водителя, т.е. в зависимости от маршрута плавность хода и торможения, занос на поворотах.

Очень важная способность АССИ – двухсторонний контакт перевозчик–пассажир. Собираемая АССИ информация должна визуализироваться на городском портале с указанием работающих маршрутов, автобусов и водителей. Транспорт становится по-настоящему общественным, любой желающий сможет узнать информацию о прохождении маршрута, техническом состоянии автомобиля, квалификации водителя. Обратная связь, реализованная на сайте АССИ, позволит учесть мнение клиента – пассажира.




Принципиальная схема ЭБУ

Разрабатываемый группой проект позволит приблизить создание единой открытой городской системы управления пассажирским транспортом.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Трампер В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR микроконтроллеров. Киев: МК-Пресс. 2006. 200 с.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОВЫМИ ЭФФЕКТАМИ

***А.А. Мошняков, А.В. Столбов, студенты 4-го курса;***
***С.Г. Михальченко, рук.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, m8nshine@yandex.ru*

Целью нашего проекта является разработка системы управления лазерными световыми эффектами. В настоящее время устройства подобного рода не распространены на рынке, а изготавливаются кустарным способом для конкретного media-проекта. Но в связи с увеличением числа шоу, рекламных, развлекательных мероприятий и клубов, спрос на подобные системы неизбежно будет расти.

Инициативная группа студентов ФЭТ предлагает к разработке систему управления лазерными световыми эффектами различной сложности, мощности и назначения (рис. 1).

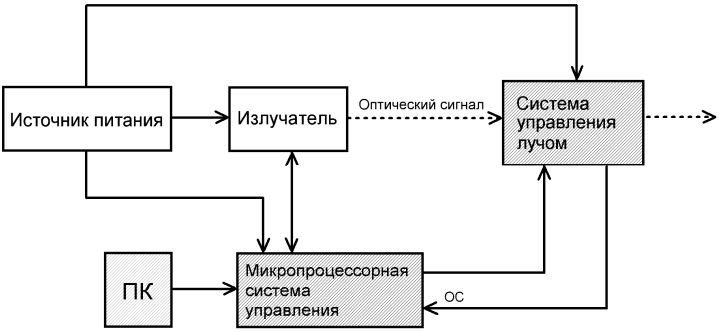



Рис. 1. Структурная схема системы управления лазерными световыми эффектами

Систему управления световыми эффектами планируется изготавливать в следующей комплектации:

**Модульная подсистема излучения и подсистема питания**

Предлагается к разработке линейка устройств с различными мощностями излучающего элемента (излучатель) от демонстрационных светодиодов до лазеров значительной мощности и световой яркости, элемент излучения и подсистему питания (источник питания) плани-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

руется изготавливать модульным конструктивным исполнением с возможностью замены и модификации для конкретного проекта.

**Микропроцессорная система управления (МСУ)**

Данная подсистема предназначена для создания управляющих сигналов на включение/выключение МПИ и управляющих сигналов ПИЛ в соответствии с программным обеспечением и координатами точек (траектории) выводимого изображения. МПУДЛ собирает информацию с датчиков подсистемы питания излучателя и системы управления лучом для эффективного управления всеми блоками устройства. Графическая информация, выводимая на любую поверхность поступает в МПУДЛ с ПК, хранится в памяти и выводится по мере необходимости (рис. 2).

**Система управления лучом (СУЛ)**

Ядро системы управления лучом изготавливается на базе 2 отражающих поверхностей, вращаемых шаговыми двигателями (ШД) высокой точности. Для уменьшения углов поворота (< 0,8°) планируется усложнить СУЛ механической передачей, относительно которой будут вращаться зеркала.

Используемый шаговый двигатель соответствует следующим основным требованиям:

– величина полного шага ≤ 1,8° (в полушаговом режиме – 0,9°);

– частота приемистости не менее 1000 шагов/с.

Для создания видимого изображения необходимо, чтобы частота обновления была не менее 15 раз в секунду (при меньшей частоте возможны мерцания и непрорисовка отдельных частей изображения). При частоте приемистости менее 1000 шагов/с данное требование не выполняется (рис. 2).

**Программное обеспечение для микроконтроллера**

В качестве управления будет использован универсальный микроконтроллер ATMega 16. Реализовав поставленные задачи на данном МК, перейти к более совершенным (более подходящим) не составит большого труда. Программное ядро МК представляет собой подпрограмму получения и хранения графических данных с ПК, подпрограмму пересчета координат графических примитивов в угол перемещения луча МПИ, подпрограмму анализа состояния системы, работающую в режиме прерывания.

**Управляющая программа (УП) для персонального компьютера**

Графическое или анимационное изображение, которое будет выводиться через нашу систему управления лазерными световыми эффектами, должно быть преобразовано в набор графических примитивов и координат узловых точек, для чего требуется специальный графический редактор, планируемый к разработке нашим коллективом.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Также необходим программный модуль, который будет выполнять функцию передачи графических примитивов в МК.

Для управления шаговыми двигателями используем связку микросхем L297+L298.

L297 – контроллер шагового двигателя, который позволяет управлять направлением, скоростью шагового двигателя.

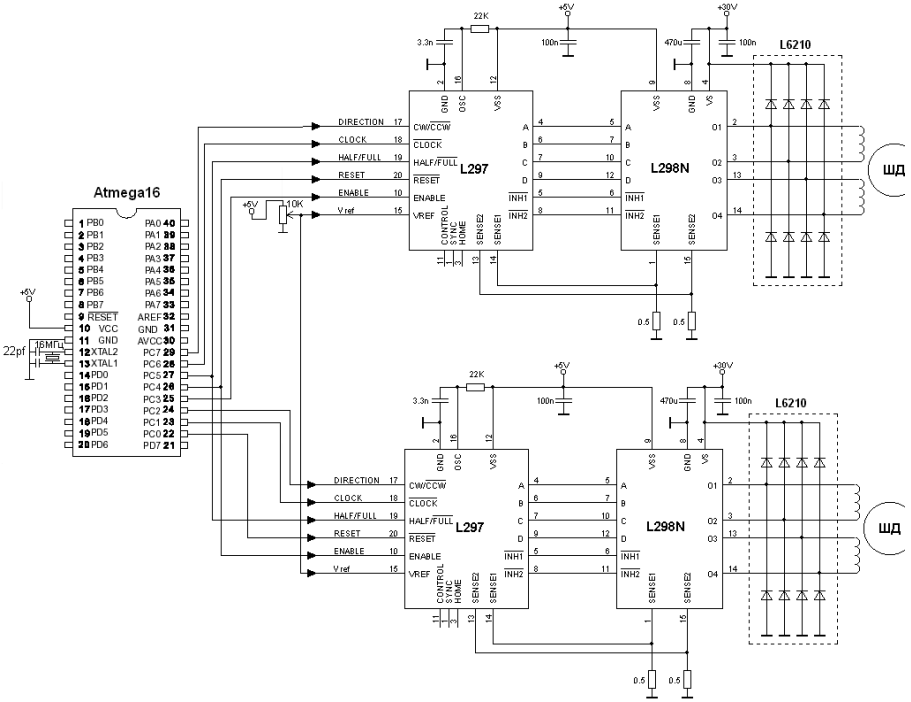



Рис. 2. Принципиальная схема МСУ и СУЛ

Микросхема L298 представляет собой двойной полный мостовой драйвер, применяемый для управления двигателями постоянного тока и шаговыми двигателями.

На выходе драйвера устанавливаются защитные диоды. Диоды должны быть быстродействующие и с максимальным током не менее 2 А. Для этой цели используется микросхема L6210.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ридико Л. Управление шаговыми двигателями (http://stepmotor.ru/production/shag/).

2. Управление шаговым двигателем (http://easyelectronics.ru/upravlenie-shagovym-dvigatelem.html).



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ СИЛОВОГО IGBT-ТРАНЗИСТОРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И МОЩНОСТИ ИСКАЖЕНИЙ

***А.С. Хрущев, студент 4-го курса; С.Г. Михальченко, рук.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ*

Целью работы является создание модели силового IGBT-транзистора, которая будет использоваться при построении имитационной модели компенсатора реактивной мощности и мощности искажений в среде SwitcherCAD (LTSpice IV).

Главной задачей является выбор подходящего транзистора и создание его модели на основе базовых требований:

– величина коммутируемых ключом токов, А $\geq 600$;
– коллектор-эмиттерное напряжение, кВ $\geq 2{,}7$;
– частота переключения транзистора, кГц $\geq 10$.

Выберем в качестве прототипа силовой транзистор CM800HA-66H (MITSUBISHI ELECTRIC), удовлетворяющий основным требованиям.

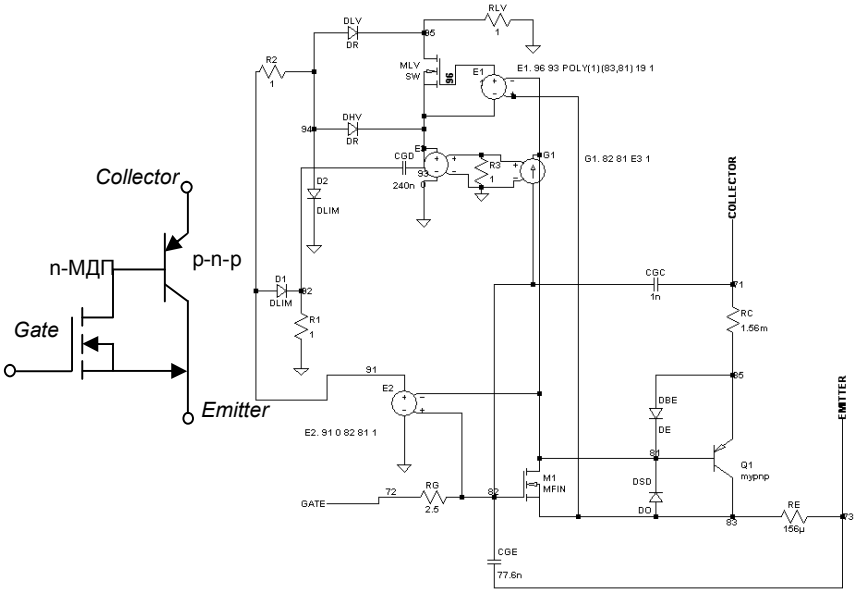



Рис. 1. Структурная и эквивалентная схемы IGBT-транзистора

Структурно IGBT представляет собой мощный высоковольтный PNP-транзистор, управляемый от низковольтного МОП-транзистора с



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

индуцированным каналом через высоковольтный N-канальный полевой транзистор. Новая технология позволила соединить в одном элементе достоинства полевых и биполярных транзисторов. У IGBT практически отсутствуют входные токи, они имеют хорошие динамические характеристики, не уступающие MOSFET. В то же время потери у них растут пропорционально току, а не квадрату тока, как у полевых транзисторов. Максимальное напряжение IGBT ограничено только технологическим пробоем и уже сегодня выпускаются транзисторы с рабочим напряжением до 4,5 кВ. При этом напряжение насыщения не превышает 2–5 В в рабочих режимах.

В данной статье приводятся результаты сравнения характеристик модели IGBT-транзистора (в среде SwitcherCAD) [1] и физического транзистора CM800HA-66H, взятые из документации производителя (рис. 1–5).

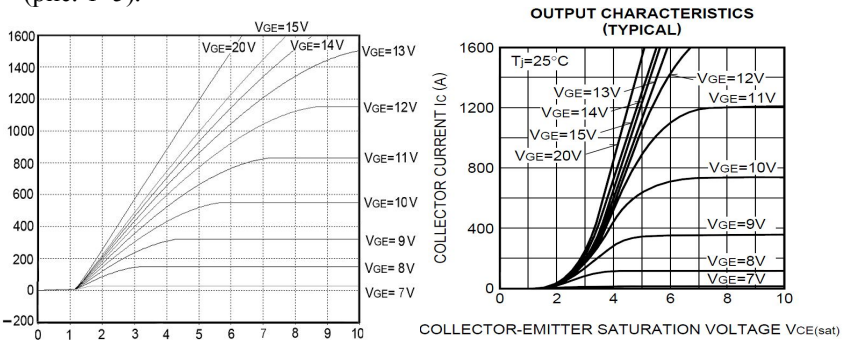



Рис. 2. Выходные характеристики модели и по документации производителя

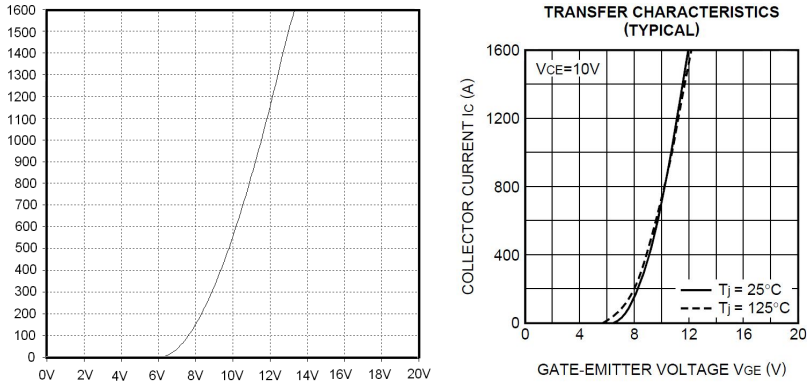



Рис. 3. Проходная характеристика модели транзистора и по документации производителя



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Основным недостатком IGBT-транзисторов пока остаются высокие динамические потери, что снижает допустимый ток коллектора на частотах выше 10 кГц. Объясняется это наличием так называемого «хвоста» – остаточного тока базы биполярного транзистора после закрывания полевого.

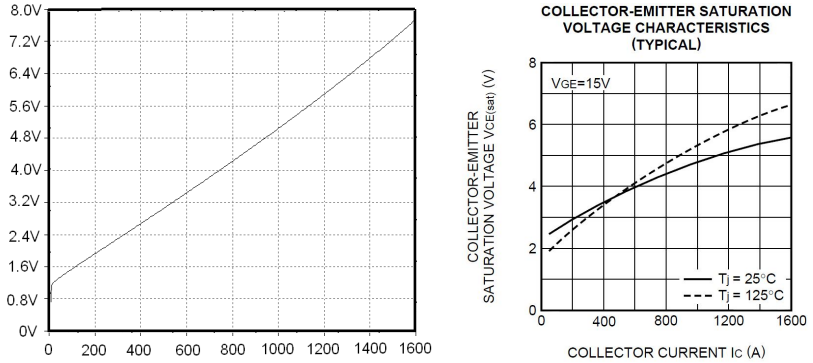



Рис. 4. Характеристика напряжения насыщения коллектор-эмиттерного перехода для модели и по документации производителя

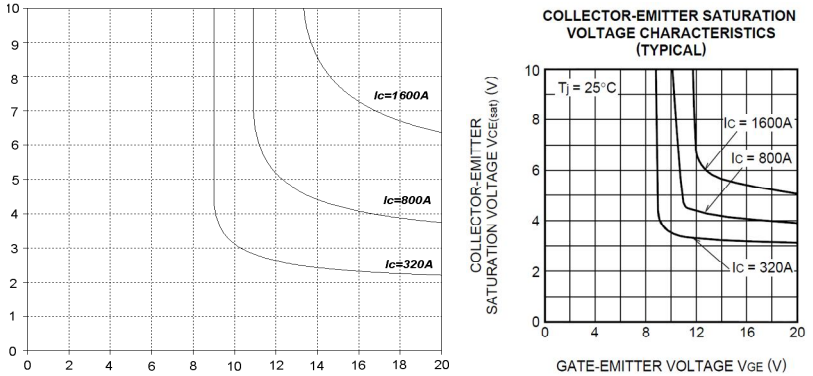



Рис. 5. Зависимость напряжения насыщения коллектор-эмиттерного перехода от напряжения на затворе транзистора для модели и по документации производителя

В результате выполнения работы был выбран IGBT-транзистор и создана его модель для среды SwCAD. Так же были сняты его основные характеристики и проведен анализ их соответствия экспериментальным характеристикам.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Сохор Ю.Н. Моделирование устройств в LTSpice: Учеб.-метод. пособие. Псков: Изд-во ППИ, 2008. 165 с.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ЭЛЕКТРОННАЯ ШАХМАТНАЯ ДОСКА

***А.Я. Поровская, И.В. Шахрова, студентки 4-го курса;***
***С.Г. Михальченко, рук.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ*

Проект электронной шахматной доски предназначен для игры на деревянном поле, обычными деревянными фигурами. В то же время требуется создать устройство, считывающее информацию о ходах и передающее ее в персональный компьютер с дальнейшей возможностью отправлять эти данные в Интернет.

Для реализации проекта предстоит осуществить решение следующих задач: создание самой шахматной доски с функцией определения хода и передачи его на ПК, спроектировать способ идентификации каждой конкретной фигуры, разработать схему опроса и коммутации клеток шахматной доски, разработать программное обеспечение для ПК, которое будет обрабатывать и анализировать информацию, полученную от шахматной доски.

Элемент iButton, встраиваемый в шахматную фигуру, передает свой уникальный код ячейкам шахматной доски, опрашиваемым последовательно. Очередность опрашиваемых ячеек определяется коммутатором, считанный программный код передается на микроконтроллер (МК), где анализируется в соответствии с алгоритмом чтения ходов, и вычисленный код передается на персональный компьютер (ПК) в единой стандартной шахматной кодировке. В системе присутствует блок питания (БП), который обеспечивает собственные нужды микроконтроллера, коммутатора и той микросхемы iButton. Поскольку мощность упомянутых устройств невелика, для питания системы будет достаточно силовой линии USB.

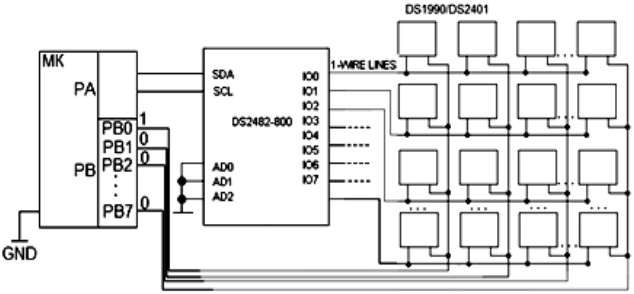



Рис. 1. Схема коммутации клеток шахматной доски

Контактной реализацией является микросхема DS-1990 производства Dallas Semiconductor, которая при контакте со считывающим устройством (существуют и бесконтактные модификации) способна пере-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

давать зашитый в ней уникальный код. Для решения одной из поставленных задач – опроса и коммутации клеток используем схему включения с коммутатором (рис. 1), его достоинство заключается в том, что микросхемы DS-1990 и коммутатор DS2482-800 одного производителя – Dallas Semiconductor.

Поскольку такие микросхемы подключаются непосредственно к шине без каких-либо дополнительных цепей, появляется возможность модификации и модернизации системы прототипа путем подключения и отключения устройств от шины. Для осуществления поставленной задачи была разработана принципиальная схема.

После изучения литературы I2C интерфейса была создана модель передачи данных в Proteus между ATmega16 [1, 2] и коммутатором. При выполнении моделирования возникла трудность – в библиотеках Proteus отсутствует коммутатор DS2482-800, поэтому использовали микросхему производства Philips PCF8574, которая имеет аппаратный I2C-интерфейс. Далее велось освоение основных команд управления интерфейса I2C, записи и чтение байта от шины.

После создания электронной модели возникла необходимость протестировать данные результаты на макете, для чего была осуществлена разводка печатной платы в среде P-CAD [3].

В настоящий момент проводятся проектирование электронных схем и кодинг программы контроллера, изучение интерфейса I2C, посредством которого осуществляется связь микроконтроллера ATmega16 с коммутатором DS2482-800. Ведется написание программы для коммутации ячеек с целью определения кода конкретной фигуры и передачи информации на ПК. Проводятся тестирование печатной платы и расчет элементов схемы.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. DATASHEET Atmega 16, DATASHEET DS2482-800.

2. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL.

3. Лопаткин А. P-CAD2004. СПб., 2006.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

*СЕКЦИЯ 17*

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНИКЕ, ЭКОНОМИКЕ И МЕНЕДЖМЕНТЕ

*Председатель – **Мицель А.А.**, д.т.н., профессор каф. АСУ;*
*зам. председателя – **Зариковская Н.В.**, к.ф.-м.н., доцент каф. ФЭ*

*ПОДСЕКЦИЯ 17.1*

### МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУКАХ

*Председатель – **Зариковская Н.В.**, к.ф.-м.н., доцент каф. ФЭ*

### РЕАЛИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ПЕРВИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПОЛОСКОВЫХ СТРУКТУР

***А.Б. Мухтубаев, В.Ю. Рябчёнок, П.С. Киселёв, Р.А. Альпимов, студенты 2-го курса; А.А. Ильин, аспирант***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, napster@sibmail.com*

В работе решена задача расчета стационарного поля и определения погонной емкости микрополосковой структуры, поперечное сечение которой представлено на рис. 1 [1].

В силу симметрии структуры рассматривается электростатическое поле только для области XOY, причем по оси OY устанавливается как магнитная, так и электрическая стенки [2, 3]. Для упрощения задачи разобьем данную структуру на три не зависимые друг от друга области и рассчитаем поле для каждой из этих областей (рис. 2).

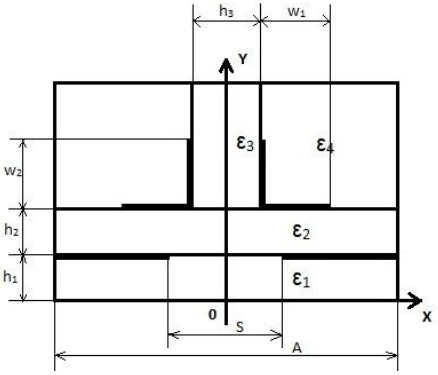
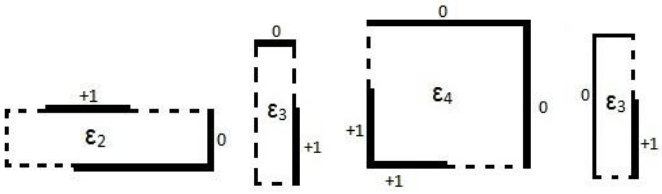



Рис. 1. Поперечное сечение микрополосковой структуры



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)




*а* *б* *в* *г*

Рис. 2. Области микрополосковой структуры

На рис. 2, *а–в* – области заданной структуры при синфазном (четном) возбуждении; *г* – при противофазном (нечетном) возбуждении. Размеры структуры: $A = 15$ мм; $w_1 = w_2 = 3$ мм; $h_1 = h_2 = 1$ мм; $h_3 = 0{,}5$ мм; $h_4 = 8$ мм; $S = 0$ мм; $e_1 = e_2 = e_3 = e_4 = 1$.

Для поля справедливо уравнение Лапласа [4]:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = 0 .$$

Для решения уравнения Лапласа будем использовать метод сеток [2, 3]. Суть метода состоит в разбиении исследуемой области на большое число малых ячеек. Каждая точка пересечения двух линий, являющихся сторонами ячейки, образует узел. Значение потенциала в узлах и есть искомые величины.

В нашем случае сетка является двухмерной с равномерным шагом (рис. 3). Таким образом, двигаясь по узлам сетки, будем искать значение потенциала в зависимости от приращения $\Delta x$, $\Delta y$. С учетом этого уравнение Лапласа в однородной среде в конечно-разностной форме примет вид [1, 2]

$$u_{i,j} = \frac{u_{i+1,j} + u_{i-1,j} + u_{i,j+1} + u_{i,j-1}}{4} . \quad (1)$$

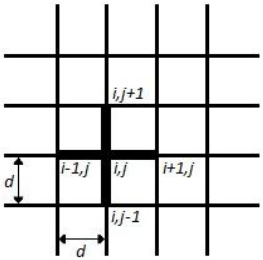



Рис. 3. Узлы сетки

В зависимости от режима возбуждения структуры значение потенциалов вдоль оси *OY* будет находиться по формуле

$$u_{i,j} = \frac{2 \cdot u_{i+1,j} + u_{i,j+1} + u_{i,j-1}}{4} \quad (2)$$

для магнитной стенки, а для электрической стенки эти значения будут равны нулю.

Определим погонную емкость структур через полную энергию запасенной системы. Энергия, запасенная в малой области размером $d \times d$, охватывает точку $(i, j)$:



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$\Delta W_{i,j} = \frac{\varepsilon}{4}\left[\left(\varphi_{i,j} - \varphi_{i+1,j+1}\right)^2 + \left(\varphi_{i+1,j} - \varphi_{i,j+1}\right)^2\right].$$

Полная энергия, запасенная в электрическом поле, равна сумме энергий, запасенных в каждой из малых областей:

$$W = \sum_{i=1}^{i_{\text{макс}}-1} \sum_{j=1}^{j_{\text{макс}}-1} \Delta W_{i,j} .$$

Следовательно, погонная емкость будет равна

$$C = 2W \Big/ \varphi_0^2 . \qquad (3)$$

В результате решения уравнений (1), (2) были получены поля 1, 2, 3 и 4 областей соответственно (рис. 4.):

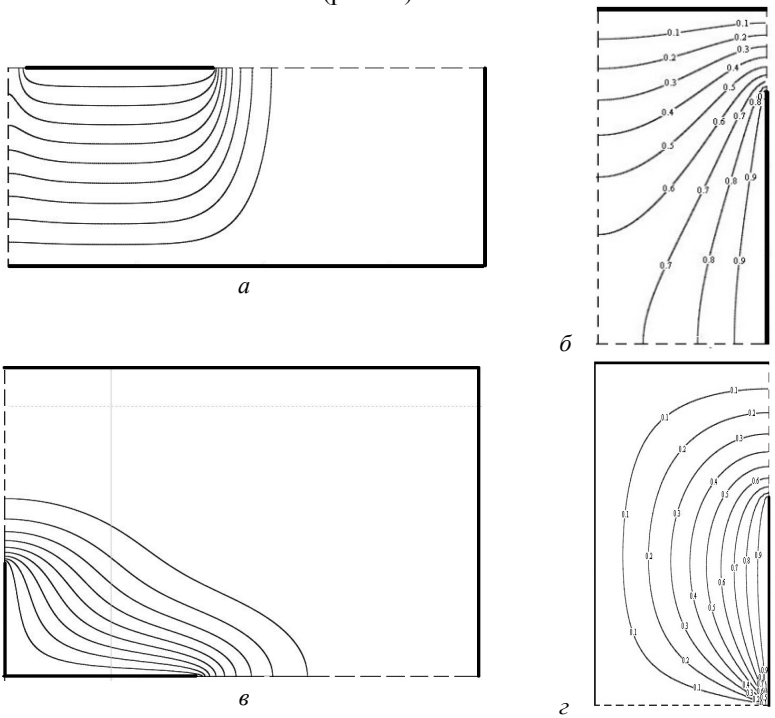



Рис. 4. Рассчитанные поля соответствующих областей

По формуле (3) находим погонные емкости для каждой из областей соответственно:

$$C_1 = 32{,}3\frac{\text{пФ}}{\text{м}}; \quad C_2 = 1{,}8\frac{\text{пФ}}{\text{м}}; \quad C_3 = 18{,}5\frac{\text{пФ}}{\text{м}}; \quad C_4 = 126{,}6\frac{\text{пФ}}{\text{м}}.$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Данная работа позволяет произвести расчет первичных параметров прямоугольных микрополосковых структур с ортогональными подложками.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Малютин Н.Д. Многосвязные полосковые структуры и устройства на их основе. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1990. 163 с.

2. Фуско В. СВЧ-цепи. Анализ и автоматизированное проектирование: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1990. 288 с.

3. Вершинин И.М. Электротехника и электроника: Лабораторный практикум для студентов. Томск: Ufo-press, 2002. 170 с.

4. Тамм И.Е. Основы теории электричества: Учеб. пособие для вузов. М.: Наука, 1983. 504 с.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕ – ДЕФОРМАЦИЯ*

***А.А. Андреева, В.А. Гущин, А.Ф. Купрейчик, В.В. Матвеев, О.Н. Минин, студенты 2-го курса***

*г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, N23492@mail.ru*

Для определения механических свойств материалов используют кривые пластического течения в координатах «напряжение – деформация». Зависимость $\sigma(\varepsilon)$ можно описать степенным уравнением Людвика

$$\sigma = \sigma_s + K\varepsilon^n, \qquad (1)$$

где $K$ – коэффициент деформационного упрочнения; а $\sigma_s = \text{const}$; $n$ – показатель параболичности.

Стадийность деформационных кривых определяется в соответствии со значением коэффициента параболичности, поэтому является актуальной автоматизация определения параметра $n$ для различных стадий деформационной кривой, что явилось задачей для выполнения данной работы.

Представляя кривые $\sigma(\varepsilon)$ соотношением (1), можно определить показатель упрочнения $n$ для разных этапов пластического течения и выделить стадии линейного ($\sigma \sim \varepsilon$, $n \approx 1$) и параболического деформационного упрочнения, на которой $\sigma \sim \varepsilon^{1/2}$. В качестве примера были взяты экспериментальные данные образцов поликристаллического

* Работа выполнена в рамках ГПО ФЭ-0905 – Разработка и создание прикладных программ.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

алюминия с размером зерна в диапазоне $8\cdot10^{-3}$…1,4 мм. В ходе эксперимента плоские образцы с размерами рабочей части 50×10×2 мм выштамповывались из листовых заготовок и растягивались при 300 К со скоростью $\dot{\varepsilon} = 6{,}67\cdot10^{-5}$ $с^{-1}$ вдоль длинной оси на машине «Instron-1185» с записью диаграммы $\sigma(\varepsilon)$. Для исследованных образцов значения $n$ лежат в пределах 0,40…0,64.

При разработке алгоритма программы для определения показателя $n$ были использованы файлы с расширением .dat, содержащие сведения о зависимости «напряжение ($\sigma$) – деформация ($\varepsilon$)».

Для дальнейшей обработки проводится перевод данных в так называемые «истинные» координаты $\ln(S-S_0)=f(\ln(e))$ по следующим формулам:

$$e=\ln(1+\varepsilon), \tag{2}$$

$$S=\sigma(1+\varepsilon), \tag{3}$$

$$S=\sigma(\varepsilon=0{,}002)(1+0{,}002), \tag{4}$$

$$\ln(S-S_0)=\ln(k)+n\cdot\ln(e). \tag{5}$$

Уравнения (5) позволяет определить интересующий нас показатель $n$. В условиях данной задачи наиболее оптимально использовать метод наименьших квадратов для нахождения участков с различными угловыми коэффициентами и соответствующие им коэффициенты параболичности.

МНК – метод оценки параметров модели на основании экспериментальных данных, содержащих случайные ошибки. В основе метода лежат следующие рассуждения: при замене точного (неизвестного) параметра модели приблизительным значением необходимо минимизировать разницу между экспериментальными данными и теоретическими (вычисленными при помощи предложенной модели). Это позволяет рассчитать параметры модели с помощью МНК с минимальной погрешностью.

Мерой разницы в методе наименьших квадратов служит сумма квадратов отклонений действительных (экспериментальных) значений от теоретических. Выбираются такие значения параметров модели, при которых сумма квадратов разностей будет наименьшей – отсюда название метода.

При этом полученные с помощью МНК параметры модели являются наиболее вероятными.

Метод наименьших квадратов, а также его различные модификации (нелинейный МНК, взвешенный МНК и т.д.) широко используется в аналитической химии, в частности при построении градуировочной



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

модели. Как правило, предполагается линейная зависимость (параметры которой требуется установить) между аналитическим сигналом и содержанием определяемого вещества. В этом случае метод наименьших квадратов позволяет оптимизировать параметры градуировки (и получить наименьшую погрешность анализа), а сумма квадратов разностей теоретического и экспериментального значений аналитического сигнала является мерой погрешности градуировки и линейно связана с так называемой остаточной дисперсией (дисперсией адекватности модели).

Основные формулы, лежащие в основе МНК:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (y_i - ax_i - b)^2 , \quad S_x = S/n ,$$

где $S_x$ – среднеквадратичное отклонение по оси ординат;

$$\overline{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i^2 ,$$

где $z$ – среднеквадратичное значение координаты по оси абсцисс; $n$ – количество точек;

$$a = \frac{1}{nS_x^2} \sum_{i=1}^{n} y_i (x_i - \overline{x}) ,$$

где $a$ – угловой коэффициент прямой;

$$b = \frac{1}{nS_x^2} \sum_{i=1}^{n} y_i (\overline{z} - x_i \overline{x}) ,$$

где $b$ – свободный член уравнения прямой.

С помощью МНК определяются координаты точек перегиба и, переведя в изначальные координаты, считаются координаты начала, конца и угол наклона линейного промежутка, которые выводятся в выходной файл.

На основании вышеописанной теории и экспериментальных данных была разработана программа, позволяющая в автоматическом режиме проводить определения значения коэффициентов $n$ и границы стадий.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПОНИЖАЮЩЕГО ТИПА С ОНМ

***В.И. Апасов, Т.В. Гоффарт, Д.Ю. Каргаполов, Ф.И. Яковлев***
*г. Томск, ТУСУР, vovaap@mail.ru, takoff@mail.ru*

При передаче электроэнергии от источника к приемнику теряется в среднем 10–15% электроэнергии, отпущенной с шин подстанций. Повсеместное использование современных энергоемких технологий с нелинейными нагрузками сопровождается ростом нелинейных искажений потребляемых токов и напряжений. Это приводит не только к снижению качества электроэнергии, но и к существенному росту дополнительных потерь генерирующих мощностей, снижению пропускной способности линий электропередач, за счет перетоков реактивной энергии и энергии высших гармоник. Именно для решения этой проблемы в настоящее время в ТУСУРе ведется работа над проектом по созданию компенсатора реактивной мощности и мощности искажений.

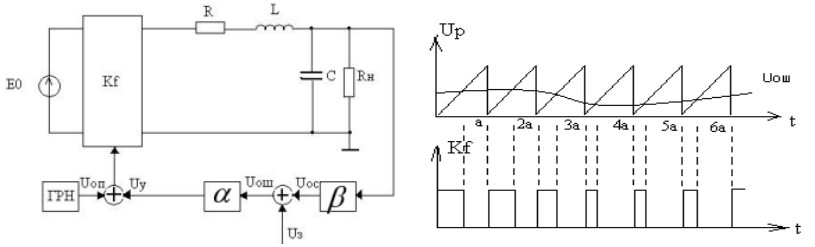
При разработке любого устройства важно знать заранее, какие параметры рабочих условий необходимо обеспечивать и какого качества. Работу над проектом КРМиМИ мы начали с изучения динамических свойств компенсатора. Исследование динамических свойств объектов различной природы базируется на представлении их математической модели в форме дифференциальных уравнений.

Одним из основных приемов разработки новых и анализа существующих систем и устройств является их интерактивное моделирование. Современные САПР, такие как Proteus, OrCad, PSpice, SwCad, позволяют моделировать устройства, в том числе и цифровые, и с микропроцессорным управлением, но при этом не учитывается наличие множества решений нелинейной динамической модели и в связи с этим некорректно определяется устойчивость режимов функционирования. Неустановившиеся режимы, влияющие в общем смысле на поведение системы, вообще никак не могут быть обнаружены численными методами, заложенными в расчетное ядро САПР. Поэтому параллельно с использованием классических САПР, нами будет проводиться математическое моделирование системы дифференциальных уравнений исходной задачи с использованием аналитических методов отыскания решений (как устойчивых, так и неустойчивых) и определение их устойчивости методами бифуркационного анализа. Средством математического моделирования служит вычислительное приложение, написанное нами с помощью программной среды MATLAB, так как она обладает наиболее мощным вычислительным инструментом.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В данной работе мы представляем математическую модель и результаты математического моделирования одной фазы силовой части КРМиМИ – понижающего преобразователя напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Схема замещения преобразователя понижающего типа и принципы формирования ШИМ представлены на рис. 1.




*а* *б*

Рис. 1. Схема замещения преобразователя понижающего типа (*а*) и временные диаграммы формирования импульсной последовательности (*б*)

Математическая модель силовой части преобразователя и замкнутой системы управления ШИМ представлена системой дифференциальных уравнений (СДУ):

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = \mathbf{A}\times\mathbf{X} + \mathbf{B}\cdot K_F(\xi), \quad A = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{C\cdot R_H} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{E_0}{L_0} \end{bmatrix}, \tag{1}$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} i_L \\ U_C \end{bmatrix}, \quad \mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}_0, \quad \mathbf{X}(t) = \mathbf{X}(t+T),$$

где **A** – матрица линейной части размером $n \times n$; **B** – нелинейный вектор вынуждающих воздействий, нелинейность которого носит разрывный характер, определяемый видом коммутационной функции $K_F(\xi)$, зависящий от конкретного типа импульсной модуляции; $\mathbf{X_0}$ – вектор начальных условий.

Данная модель без изменения взята из [1]. Принцип формирования импульсной последовательности ключевыми элементами силовой схемы проиллюстрирован на рис. 1, *б*.

Решение СДУ (1) на участках непрерывности коммутационной функции может быть записано в виде (2), (3) соответственно справа и слева от коммутационной точки. Моменты коммутации $t_k$ ищутся из уравнения обратной связи $\xi(Uc, Uy, \alpha) = 0$.



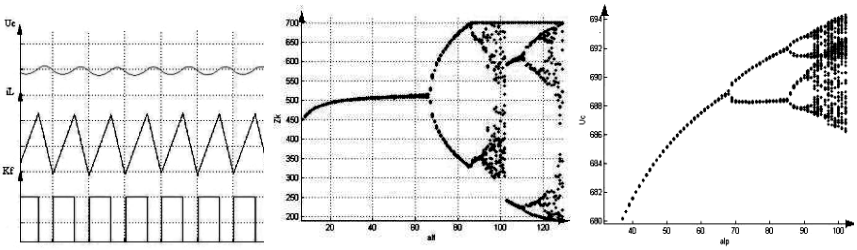
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$X(t)=e^{A\cdot(t-(k-1)\cdot a)}\cdot(X_{k-1}+A^{-1}\cdot B)-A^{-1}\cdot B\,, \qquad (2)$$

$$X_{\ k}=X(k\cdot a)=e^{A\cdot a}\cdot(X_{k-1}+A^{-1}\cdot B)-e^{A\cdot(k\cdot a-t_k)\cdot a}\cdot A^{-1}\cdot B\,. \qquad (3)$$

Построение решения на границе между участками непрерывности $K_F$ осуществляется «по непрерывности» ввиду того, что $K_F$ имеет. Разрывы только 1-го рода, а решение СДУ (1) непрерывно. Параметры моделирования выбраны таким образом, чтобы иметь возможность сравнивать полученные результаты моделирования с результатами других авторов [1, 2]. При изменении параметров системы происходит изменение ее динамики по известным (Фейгенбаум) сценариям (мягкая бифуркация, потеря устойчивости режима, каскад бифуркаций, хаотизация с возможными жесткими включениями устойчивых режимов), что хорошо иллюстрируется бифуркационными диаграммами рис. 2, *б*, *в*. Бифуркационной картине должен соответствовать анализ устойчивости всех найденных режимов, например, как в [1] по методам Ляпунова, чего современные САПР проделать не позволяют.

На бифуркационной диаграмме (рис. 2, *б*) можно видеть потерю устойчивости нелинейного циклического режима с последующим его запределеванием и потерей устойчивости. Этот вычислительный эксперимент показывает, что устройство имеет несколько решений, и внешнее воздействие или любое другое изменение параметров может перевести устройство из одного режима в другой, что также не может быть обнаружено при помощи САПР.




*а* *б* *в*

Рис. 2. Значение коммутационной функции и мгновенных значений напряжения на конденсаторе и тока индуктивности (*а*); бифуркационная кривая зависимости коэффициента заполнения от коэффициента усиления пропорционального звена (*б*); бифуркационная кривая зависимости напряжения на конденсаторе от коэффициента усиления пропорционального звена (*в*)

В следующем семестре нами запланирован переход к математическому моделированию трехфазного ШИМ-управляемого инвертора (как силовой преобразовательной части КРМиМИ).



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Андриянов А.И., Михальченко С.Г. Нелинейная динамика полупроводниковых преобразователей. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. 224 с.

2. Михальченко Г.Я., Стребков А.С., Хвостов В.А., Шумейко С.А. Промышленная электроника в энергосбережении. Томск, 2007. 308 с.

3. Михальченко Г.Я., Малаханов А.А. Математическая модель однофазного корректора коэффициента мощности // Доклады ТУСУР. 2008. Вып. 2(18), ч. 2. С. 143–149.

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АППАРАТА E-СЕТЕЙ

***П.Г. Бедарев, студент; И.Г. Губин, доцент***

*г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, bpavel87@rambler.ru, igubi@mail.ru*

Моделирование (в широком смысле) является основным методом исследований во всех областях знаний и научно обоснованным методом оценок характеристик сложных систем, используемым для принятия решений в различных сферах инженерной деятельности. Существующие и проектируемые системы можно эффективно исследовать с помощью математических моделей, реализуемых на современных ЭВМ, которые в этом случае выступают в качестве инструмента экспериментатора с моделью системы [1].

Имитационное моделирование является одним из методов исследования сложных систем, в том числе и систем массового обслуживания (СМО). При этом модель имитирует работу реальной системы, т.е. модель воспроизводит процесс функционирования реальной системы во времени. В настоящее время имитационное моделирование остаётся общепризнанным методом для исследований в различных областях науки, производства, бизнеса и т.д.

Основное преимущество имитационного моделирования перед другими видами моделирования, в том числе и аналитического, состоит в его универсальности в смысле возможности исследования любых сколь угодно сложных систем. Причём моделирование выполняется с учетом таких факторов и условий, которые трудно или вообще невозможно учитывать при аналитическом моделировании. Поэтому во многих случаях имитационное моделирование становится наиболее эффективным, а часто и практически единственно доступным методом исследования систем.

Математический аппарат E-сетей [2] возник в результате развития аппарата сетей Петри [3, 4]. К основным достоинствам данного аппа-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

рата можно отнести возможность описания параллельных взаимодействующих асинхронных процессов, возможность различной трактовки своих элементов по уровню абстракции (детализации), что позволяет строить иерархические модели, в которых переход может транслироваться в подсеть более низкого уровня детализации. Применение данного аппарата также позволяет оценить временные характеристики анализируемой системы (время реакции, пропускная способность). Одной из особенностей данного аппарата является способность анализа систем не только посредством имитационного моделирования (количественный анализ), но и аналитическими средствами (качественный анализ). Использование средств качественного анализа позволяет выявить последовательности разметок, приводящие к тупиковым и конфликтным, что и есть основной объект исследования в конретной предметной области. Имитационное моделирование, как правило, применяется для получения характеристик производительности системы. E-сети в своей топологии и логике работы имеют существенные отличия от сетей Петри, которые заключаются в наличии переходов и позиций нескольких типов, возможности установки ненулевого время срабатывания переходов, взаимодействии с внешней средой и т.д.

Успех или неудача проведения имитационных экспериментов с моделями сложных систем существенным образом зависят от инструментальных средств, используемых для моделирования. В настоящее время существует большое количество языков, которые можно использовать для имитационного моделирования, а также специализированных программных средств. Среди последних можно выделить следующие: GPSS, AnyLogic [5], Petri_project, EVA, ReThink [6], Triad.Net, eM-Plant, Arena 3.0., HPSim.

На кафедре компьютерных систем в проектировании и управлении ТУСУРа длительное время использовался пакет имитационного моделирования EVA. Ограниченные возможности данного пакета при создании и моделировании систем продиктовали необходимость создания современной системы имитационного моделирования, которая обеспечивала бы совместимость графических файлов с EVA. Такая задача была поставлена и успешно реализована в рамках дипломного проектирования студентом П.Г. Бедаревым.

Внешний вид интерфейса программы E-net Emul представлен на рисунке.

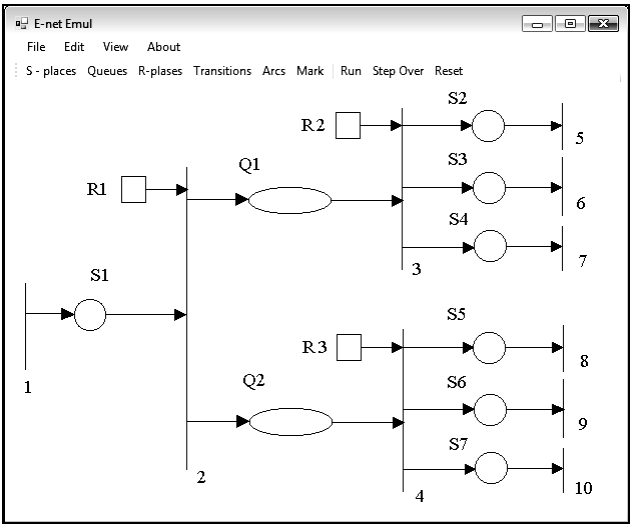
Для обеспечения совместимости программы E-net Emul с пакетом EVA было выполнена расшифровка формата графического файла сети. Формат графического файла приведён в таблице.

Блок информации о количестве и координатах графических примитивов имеет следующую расшифровку:



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

1 – количество позиций;
2 – количество очередей;
3 – количество переключателей;
4 – количество переходов;
5 – количество дуг;
X1, Y1 – минимальные координаты примитива;
X1, Y1 – максимальные координаты примитива.



Внешний вид интерфейса программы E-net Emul с моделируемой сетью

Блок информации о позициях:
1 – номер выходного перехода для позиции;
2 – номер входного перехода для позиции;
3 – наличие фишки в позиции;
X, Y – координаты местоположения позиции.

Блок информации об очередях содержит аналогичную информацию блока о позициях, за исключением пункта 3. в этом пункте определяется не только наличие фишек, но и их количество.

Блок информации о переключателях.
1 – номер перехода, к которому подключен переключатель;
X, Y – координаты местоположения переключателя;
Блок информации о переходах:
X – местоположения перехода вдоль горизонтальной оси;
Y1 – начальная точка рисования перехода по вертикали;
Y2 – конечная точка рисования перехода по вертикали.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**Общий вид формата графического файла**

| Блок информации о количестве и координатах графических примитивов | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | X1 | X2 | Y1 | Y2 |
| Блок информации о позициях | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | X | | Y |
| Блок информации об очередях | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | X | | Y |
| Блок информации о переключателях | | | | | | | | |
| 1 | | | X | | | Y | | |
| Блок информации о переходах | | | | | | | | |
| X | | | Y1 | | | Y2 | | |
| Блок информации о связях | | | | | | | | |
| Тип связи | | | | | | | | |
| Количество сгибов дуги | | | | | | | | |
| X1 | Y1 | … | … | Xn | Yn | Тип стрелки | | |

Блок информации о связях.

Тип связи определяет объекты, соединённые друг с другом дугой. Формат записи в этом пункте либо объект–переход, либо переход-объект, в зависимости от направления связи.

Количество сгибов дуги:

X1, Y1 – начальная точка рисования дуги;

Xn, Yn – конечная точка рисования дуги

… (многоточие) – координаты точек перегиба дуги.

Тип стрелки – направление стрелки, которое определяется цифрами:

1 – направлено влево

2 – направлено вниз

3 – направлено вправо

4 – направлено вверх.

Программа имитационного моделирования реализована в среде Microsoft Visual Studio.NET 2008, библиотека FrameWork 3.5.

Разработанная программа E-net Emul предоставляет пользователю простой и удобный графический интерфейс при проведении имитационного моделировании на основе использования аппарата Е-сетей. Планируется использование данной программы при выполнении лабораторных работ по курсу «Разработка САПР».

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2001. 343 с.

2. Лосев Ю.И., Шматков С.И., Дуравкин Е.В. Применение методов анализа Е-сетей к моделям СОД // Радиотехника. Х.: ХНУРЭ, 2003. Вып. 132. С. 64–69.

3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

4. Применение микропроцессорных средств в системах передачи информации / Под ред. Б.Я. Советова. М.: Высшая школа, 1987.

5. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 400 с.

6. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса. М.: Финансы и статистика, 1997.

## ФИЛЬТРАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ ЯДЕРНЫХ ФУНКЦИЙ

***С.М. Буркова, студентка 2-го курса магистратуры;***
***С.И. Колесникова, рук., к.ф.-м.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭМИС, gingerfox@sibmail.com*

Известно, что большинство исследуемых реальных процессов являются нестационарными, в связи с этим особую актуальность представляет собой решение задач моделирования и прогнозирования нестационарных процессов. Нестационарность проявляется в появлении детерминированного или стохастического тренда (тренд можно трактовать как текущее среднее значение временного ряда) с меняющейся во времени дисперсией и ковариацией. Такой тип нестационарности требует применения нестандартных подходов для построения математических моделей и соответствующих им функций прогнозирования.

Целью данной работы является экспериментальное исследование непараметрического подхода [1, 2] к построению прогноза по реальным стохастическим временным рядам, преимущество которого заключается в том, что не требуется априорной информации о законах распределения временного ряда и жестких предположений о видах шумов.

Для построения прогнозного значения временного ряда на основе накопленной статистики о предыдущих значениях оценки временного ряда строится непараметрическая модель. Далее на основе этой модели строится прогноз.

В данной работе рассматривается временной ряд $Y \in R^l$ на который влияют $l$ случайных величин $X = (X_1, ..., X_l) \in R^l$, где $R^l$ – $l$-мерное евклидово пространство.

Значение переменной $Y$ определяется неизвестным функциональным преобразованием $F()$ входных переменных $X$, т.е. $Y = F(X)$. В качестве приближения неизвестной функции $F$ используется функция регрессии. Функция регрессии является моделью, ми-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

нимизирующей среднеквадратическое отклонение истинного выхода объекта и модели:

$$r(x)=\int_{R^l} yf(y|x)dy=\frac{\int_{R^l} yf(x,y)dy}{p(x)}=\frac{a(x)}{p(x)}, \qquad (1)$$

где $f(x,y)$ – неизвестная плотность распределения наблюдаемой $(l+1)$-мерной случайной величины $Z=(X,Y)\in R^{l+1}$ в точке $(x,y)$; $f(y|x)=\frac{f(x,y)}{p(x)}$ – условная плотность распределения случайной величины $Y\in R^l$ при условии, что $X=x$, $p(x)$ – маргинальная плотность распределения величины $X$; $a(x)=\int_{R^l} yf(x,y)dy$.

В качестве непараметрической полурекуррентной ядерной оценки условного функционала (1) в точке $x$ взята статистика вида

$$r_{[n]}(x)=\frac{a_{[n]}(x)}{p_{[n]}(x)}, \qquad (2)$$

где $a_{[n]}(x)$ и $p_{[n]}(x)$ – рекуррентные оценки функционала $a(x)$ и плотности $p(x)$ соответственно.

Чтобы построить прогнозирование временного ряда, строится модель его изменения, которая представляется в виде функции $F()$. Оценка данной функции $\Delta\hat{F}$ строится на основе непараметрической оценки (2). Таким образом, прогноз величины $\Delta\hat{Y}$ на интервале $[t(T),t(T+1)]$ будет

$$\Delta\hat{Y}(t(T+1))=\hat{F}(\Delta Y_{N+1},...,\Delta Y_{N+p},t(T+1)).$$

Окончательный прогноз наблюдаемого сигнала

$$\hat{Y}(t(T+1))=\hat{Y}(t(T))+\Delta\hat{Y}(t(T+1)).$$

В данной работе демонстрируется работа программного обеспечения, реализующего непараметрический подход из работ [1, 3] к построению фильтров на основе ядерных функций и прогнозирования. Исследование данной методики проведено на реальных временных рядах, являющихся выходом наблюдаемых характеристик электромагнитных систем. Анализ результатов исследования показал удовлетво-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

рительное качество фильтрации и прогнозирования зашумленных временных рядов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Васильев В.А., Добровидов А.В., Кошкин Г.М. Непараметрическое оценивание функционалов от распределений стационарных последовательностей. М.: Наука, 2004. 508 с.

2. Györfi L., Kohler M. and Walk H. Week and strong universal consistency of semirecursive kernel and partitioning regression estimates // Statist. Decisions. 1998. Vol. 16. P. 1–18.

3. Кошкин Г.М., Лаходынов В.С. Полурекуррентная непараметрическая идентификация условных функционалов слабозависимых последовательностей // Вестник ТГУ. Управление, вычислительная техника и информатика. 2008. № 1(2). С. 57–68.

## ГРАФИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР ДЛЯ СИСТЕМЫ РАУМС

***А.Д. Чирков, А.С. Крупский, студенты***

*г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, tyomichch@mail2000.ru, kaspiyl@mail.ru*

Практически любое приложение, служащее для расчета и проектирования механических систем, нуждается в простом и понятном для пользователя интерфейсе. Модель может быть представлена в виде структурной схемы. Такое представление даёт возможность проследить все связи узлов друг с другом, но в этом случае сложно представить реальные размеры и пространственное расположение деталей. С другой стороны, 3d-модель позволяет устранить этот недостаток, однако не даёт полной информации о взаимосвязях деталей. Именно это стало предпосылкой для написания редактора, способного работать как со структурными схемами, так и с 3d-моделями.

Проектирование редактора потребовало рассмотрения существующих аналогов, изучения API OpenGL [1, 2] и среды программирования Delphi [3]. Таким образом, редактор состоит из четырёх основных частей: диспетчера файлов моделей, хранилища модели, структурного и графического редакторов, визуализатора (рис. 1).

Диспетчер файлов служит для загрузки файлов моделей и анимации, настройки визуальных параметров всей системы в целом, управления расчетом траекторий движения. Содержит хранилище, структурный и графический редакторы.

Редакторы предназначены для создания, удаления, связывания и изменения параметров примитивов (размеры, используемый материал, масса). Здесь следует отметить, что на данном этапе разработки реализовано построение модели исключительно из примитивов. Графиче-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ский редактор использует графическую библиотеку OpenGL для вывода изображения на экран.

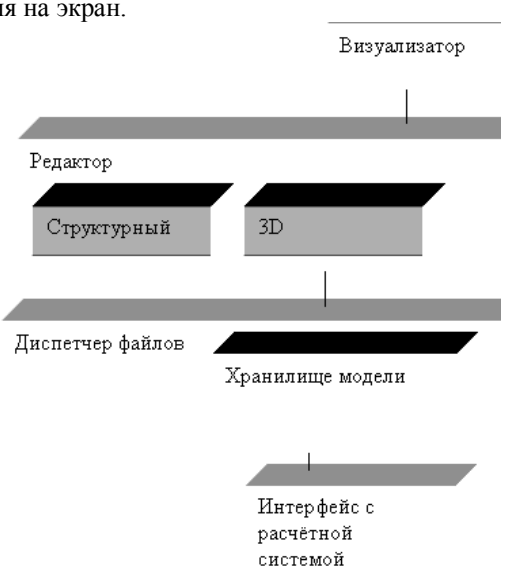



Рис. 1.Структура редактора

Следующим шагом станет объединение группы примитивов в деталь (рис. 2) – конструктивно единый элемент, имеющий места (гнёзда) для крепления других деталей, части которого, в рамках данной задачи, рассматриваются как неподвижные относительно друг друга. Такая инкапсуляция гнёзд позволяет стандартизировать используемые элементы. Гнёзда – конструктивные элементы детали. Они обусловливают способ и возможность соединения частей робота воедино, а также косвенно содержат информацию о множестве допустимых пространственных положений соединяемых ими деталей относительно друг друга. Деталь фактически хранит данные не только о форме реального объекта, но и об ограничениях поворота/смещения, о возможности соединения деталей данных типов, обусловливая тем самым больший контроль целостности системы и меньшую трудоёмкость построения моделей, что также упрощает задачу контроля целостности графа связанных компонентов модели.

Хранилище содержит не только детали и примитивы, но и измерительные элементы, элементы поворота и сдвига. Таким образом, имеется возможность проследить перемещение звена или группы звеньев модели на графиках. В качестве основного элемента хранилища используется граф, что в перспективе открывает возможности моделирования систем с обратной связью.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

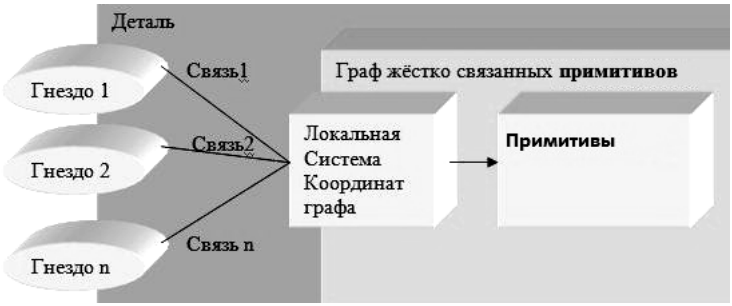


Рис. 2. Структурная схема детали

Визуализатор представляет собой инструмент для просмотра файлов анимации, созданных при расчёте траекторий движения. Специально для визуализатора был создан формат файлов анимации. В визуализаторе реализованы функции проигрывания анимации, ускорения/замедления воспроизведения, смены положения камеры. Визуализатор также использует графическую библиотеку OpenGL для отображения.

В результате разработки создан редактор, предоставляющий возможности хранения и редактирования моделей робототехнических схем в виде произвольных графов, запись и воспроизведение анимаций. Однако предстоит ещё много работы; в ближайшем будущем планируется внедрить адекватную физическую модель и проверку моделей на непротиворечивость.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Райт Ричард С.-мл., Липчак Бенджамин. OpenGL. Суперкнига, 3-е изд.: Пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. 1040 с.

2. Краснов М.В. OpenGL. Графика в проектах Delphi. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 352 с.

3. Фаронов В.В. Delphi. Программирование на языке высокого уровня: Учеб. для вузов. СПб.: Питер, 2008. 640 с.

## ТРЕХМЕРНАЯ КВАЗИСТАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМАЦИИ ШИН

***В.А. Ефимов, студент***

*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭСАУ, ФВС, vladimir11@sibmail.com.*

Расчет параметров пневматической шины, а также представление результатов в графическом виде являются интересной и актуальной



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

задачей в настоящее время, важность которой трудно переоценить. Шина – многосвязное тело вращения, подверженное действию внутреннего давления и перемещающейся сосредоточенной нагрузки (пятно контакта с дорогой). Эффективность работы автомобильной шины во многом зависит от усталостной прочности, так как в условиях эксплуатации напряженно-деформированное состояние материала изменяется вслед за циклически меняющейся нагрузкой.

С точки зрения механики шина представляет собой резинокордный композит, структурные элементы которого очень сильно отличаются по физико-механическим характеристикам. В частности, резина характеризуется очень малой сжимаемостью, малым модулем упругости, но при этом способна выдерживать значительные упругие деформации. Армирующие материалы, напротив, отличаются высокими модулями упругости, прочностью, но значительно меньшим диапазоном допустимых упругих деформаций. Под нагрузкой конструкция испытывает большие изменения геометрии, структурные элементы композита деформируются неоднородно. Наконец, ещё одной отличительной особенностью является анизотропия материала: механические свойства в точке различны в разных направлениях. Чтобы учесть эти особенности материала, при моделировании деформации шины в первом приближении можно использовать уравнения нелинейной теории упругости анизотропных тел. Существенные трудности при моделировании связаны ещё и с тем, что шина представляет собой тор с некруговой формой поперечного сечения, что требует применения специальных систем координат для записи основных уравнений задачи.

**Общее описание метода решения**

Метод моделирования процесса деформации шин основан на вариационной постановке квазистатических задач механики [1, 2]. Параметры напряженно-деформированного состояния конструкции в изотермических условиях должны удовлетворять вариационному уравнению Лагранжа, которое имеет вид

$$\frac{1}{4}\iiint\limits_{V^{(n)}} C^{*}_{ijkl}(\Delta^{\alpha}_{kl}+\Delta^{\alpha}_{lk})\mathbf{u}^{(n)}_{\alpha}(\Delta^{\beta}_{ji}+\Delta^{\beta}_{ij})\delta\mathbf{u}^{(n)}_{\beta}dV+$$
$$+\frac{1}{2}\iiint\limits_{V^{(n)}} \sigma^{(n-1)}_{ij}(\Delta^{\beta}_{ji}+\Delta^{\beta}_{ij})\delta\mathbf{u}^{(n)}_{\beta}dV-\iint\limits_{S^{(n)}_{\sigma}}(\bar{\mathbf{R}}^{(n)}_{\beta}+\Delta\bar{\mathbf{R}}_{\beta})\delta\mathbf{u}^{(n)}_{\beta}dS=0, \qquad (1)$$

где $\bar{\mathbf{R}}^{(n-1)}_{\beta}+\Delta\bar{\mathbf{R}}_{\beta}$ – компоненты вектора поверхностных сил на очередном шаге *(n)* по нагрузке; $\mathbf{u}^{(n)}_{\alpha}, \delta\mathbf{u}^{(n)}_{\beta}$ – приращения компонент вектора



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

перемещений и их вариации; $(\Delta_{kl}^{\alpha}+\Delta_{lk}^{\alpha})\mathbf{u}_{\alpha}^{(n)}$ – тензор приращения деформаций; $\sigma_{ij}^{(n-1)}$ – тензор напряжений; $C_{ijkl}^{*}$ – тензор касательных модулей.

На части боковой поверхности $S_u$ в уравнении (1) заданы кинематические ограничения вида

$$\mathbf{u}_{\alpha}^{(n)}=\overline{\mathbf{u}}_{\alpha},\ \delta\mathbf{u}_{\alpha}^{(n)}=0, \tag{2}$$

Определяющие уравнения для деформируемого тела записываются в виде линеаризованных соотношений:

$$\Delta^{*}\sigma_{ij}^{(n)}=C_{ijkl}^{*}(\Delta_{kl}^{\alpha}+\Delta_{lk}^{\alpha})\mathbf{u}_{\alpha}^{(n)}. \tag{3}$$

Тензор $C_{ijkl}^{*}=C_{ijkl}^{T}$ – касательных модулей анизотропного тела [1].

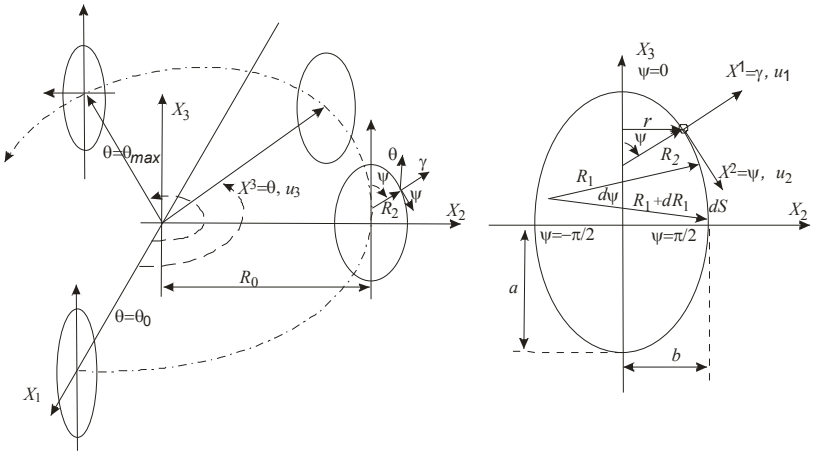



Рис. 1. Декартова $OX_1X_2X_3$ и специальная $O\gamma\psi\theta$ системы координат

На рис. 1 показана ортогональная криволинейная система координат, которая используется для описания деформаций тороидальных шин с эллиптической формой поперечного сечения.

Решение задачи (1)–(3) осуществляется вариационно-разностным методом. Расчетная область покрывается конечно-разностной сеткой, в узлах которой необходимо найти перемещения, вызванные действующими на конструкцию внешними с силами. Непрерывные значения искомых функций заменяются их конечно-разностными аналогами, которые определяют деформации и напряжения в элементах сетки через значения перемещений в её узлах. Такая замена приводит к систе-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ме алгебраических уравнений относительно компонент вектора перемещений в каждом узле сетки:

$$\mathbf{A}\vec{\mathbf{x}} = \vec{\mathbf{b}}, \qquad (4)$$

где $\mathbf{A}$ – симметричная ленточная матрица коэффициентов; $\vec{\mathbf{x}}$, $\vec{\mathbf{b}}$ – векторы узловых перемещений и нагрузки соответственно.

Особенностью разработанной схемы расчета является применение двойственной схемы сборки разностных уравнений в системе (4). Вводятся узлы расчетной сетки двух типов, которые чередуются в шахматном порядке [3]. Каждый узел первого типа является центром многогранника (тридцать две грани), собранного из окружающих его тетраэдров, а каждый узел второго типа – центр соответствующего октаэдра. Система уравнений (4) может быть решена методом исключения Гаусса.

Предложенный алгоритм расчета позволяет исследовать напряженно-деформированное состояние шин при квазистатических нагрузках с учетом анизотропии и неоднородности материала и по результатам моделирования подбирать материалы и рациональные схемы армирования под заданные условия эксплуатации.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. М.: Мир, 1987. 542 с.

2. Черепанов О.И. Численное решение некоторых квазистатических задач мезомеханики. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2003. 190 с.

3. Черепанов О.И., Черепанов Р.О., Никанкин А.А. Трехмерная математическая модель механического поведения тонкостенных конструкций двоякой кривизны при квазистатических нагрузках // Доклады Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. 2009. №2 (20). С. 115–121.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАЛЕНИЯ МЕТАНА ИЗ ОБРУШЕННОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

***А.В. Астанин, доцент; Е.К. Харик, студентка***

*г. Томск, Томский государственный университет,*
*кафедра прикладной аэромеханики, kharik@sibmail.com*

Каменный уголь остается одним из основных мировых энергоресурсов. Он обеспечивает более трети всей вырабатываемой в мире энергии. Широко распространенным способом его добычи является



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

подземная шахта. После извлечения угля происходит образование выработанных пространств, заполненных обрушенными породами, т.е. они представляют собой пористую среду. Выработанные пространства являются одним из основных источников метана и оказывают существенное влияние на аэрологию шахты. Для предотвращения взрывов на шахтах используется сложная система принудительного проветривания. Вентиляционный метан можно использовать непосредственно на шахте для выработки энергии и тепла. Однако для этого необходимо провести оценку возможных объемов и скоростей извлечения метана из горных выработок угольных шахт.

Введем величину пористости $\varepsilon$ как отношение свободного объема, занимаемого газом, к объему, занимаемому двухфазной средой. Запишем интегральные законы сохранения массы, импульса, энергии с учетом массовых сил, применяемые в теории фильтрации газов и жидкостей [1,2]:

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\Omega}\rho\varepsilon d\Omega = -\int_{s}\rho\varepsilon\left(\boldsymbol{u}\cdot\boldsymbol{n}\right)dS;$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\Omega}\rho\varepsilon\boldsymbol{u}d\Omega = -\int_{S}\rho\varepsilon\boldsymbol{u}\left(\boldsymbol{u}\cdot\boldsymbol{n}\right)dS + \int_{S}p\varepsilon\boldsymbol{n}dS + \int_{\Omega}\boldsymbol{F}_{\text{c}}d\Omega + \int_{\Omega}\varepsilon\rho\boldsymbol{g}d\Omega;$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\Omega}\rho\varepsilon(e+0{,}5|\text{u}|^2)\text{d}\Omega + \int_{S}\rho\varepsilon\left(\boldsymbol{u}\cdot\boldsymbol{n}\right)\left(e+\frac{p}{\rho}+0{,}5|\text{u}|^2\right)dS = -\int_{\Omega}\rho\varepsilon\boldsymbol{g}\boldsymbol{u}d\Omega,$$

где $e = \dfrac{p}{\left(\gamma-1\right)\rho}$, $\boldsymbol{F}_{\text{c}}$ – объемная сила сопротивления пористой среды.

Поставленная задача решалась численно в двумерной постановке методом Годунова [3] в плоской и осесимметричной постановке. Расчетная область представлена на рис. 1.

Ширина скважины (DE) выбиралась равной 0,1 м, высота выработанного пространства – 4 м, длина выработанного пространства – 10 м.

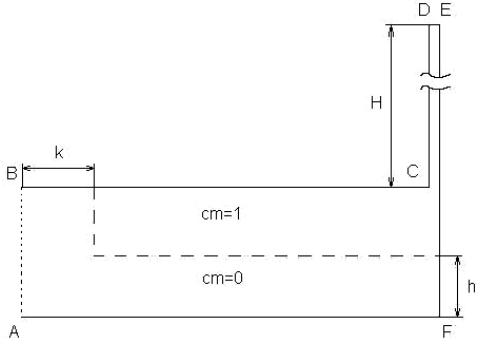



Рис. 1. Расчетная область



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В качестве начальных условий в выработанном пространстве задавалось повышенное давление, равное давлению атмосферы на глубине выработки, в скважине задавалось линейное распределение давления от высоты. Сила сопротивления $\boldsymbol{F}_{\mathrm{c}}$ находилась по формуле Эргуна [4].

В ходе выполнения работы показано, что с увеличением глубины залегания выработанного пространства уменьшается время вытеснения одинаковой доли метана (рис. 2). Это объясняется увеличением разности давления в горной выработке и на поверхности земли. Также уменьшается время вытеснения одинаковой доли метана с увеличением ширины скважины вследствие большего расхода через скважину (рис. 3). Также в работе проведено математическое моделирование вытеснения метана из обрушенного пространства с различной геометрией свода выработки.

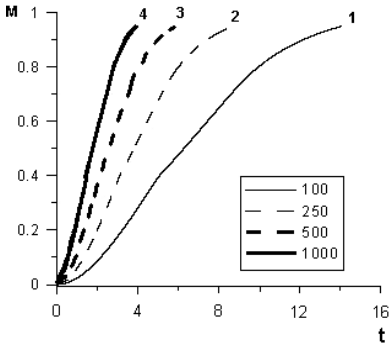



Рис. 2. Массовая доля вытесненного метана в зависимости от глубины скважины

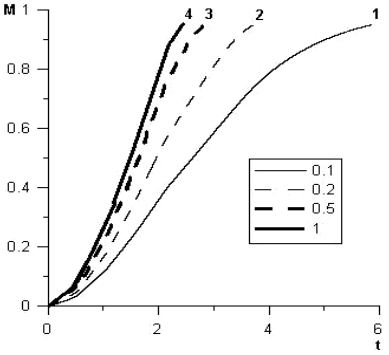



Рис. 3. Массовая доля вытесненного метана в зависимости от ширины скважины

В работе показано, что учет обрушенных пород в виде пористой среды приводит к существенному замедлению метаноотведения, и это необходимо учитывать при прогнозировании добычи попутного метана. Показано, что при решении задачи подобного рода следует использовать осесимметричную либо трехмерную постановку задачи.

При учете массовых сил количество вытесненного метана уменьшается, что связано со снижением скорости его вытеснения из выработанного пространства вследствие потерь кинетической энергии на преодоление силы тяжести.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. М.: Наука, 1978. 336 с.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

2. Харик Е.К., Астанин А.В. Математическое моделирование извлечения метана из горной выработки угольной шахты // Физика и химия высокоэнергетических систем: Сб. матер. V Всерос. конф. молодых ученых (22–25 апреля 2009 г., г. Томск). Томск: ТМЛ-Пресс, 2009. 664 с.

3. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов Я.М. и др. Численное решение многомерных задач газовой динамики / Под ред. С.К. Годунова. М.: Наука, 1976. 400 с.

4. Справочник по теплообменникам. М.: Энергоатомиздат, 1987. Т. 1. С. 152–154.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДА НЬЮТОНА И ЛЕВЕНБЕРГА–МАРКВАРДТА ДЛЯ ЗАДАЧИ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

***О.А. Кривцов, аспирант***

*г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, olegkrivtsov@mail.ru*

Регистрация (наложение) изображений – это задача поиска вектора параметров, который позволил бы наилучшим образом совместить два изображения, используя заданную параметрическую модель сопоставления пикселей этих изображений. В роли изображений могут выступать, например, последовательные кадры видеоряда, тогда регистрация изображений может использоваться для отслеживания (трекинга) визуальных объектов на видеокадрах. Алгоритмы регистрации изображений базируются на уравнении оптического потока, предложенном Лукасом–Канаде в 1981 г. [1]. Одним из вычислительно эффективных алгоритмов является метод Бэкера–Деллаерта–Мэтьюса [2], который также называется инверсно-композиционным алгоритмом. Для поиска параметров регистрации этот алгоритм использует метод спуска Ньютона (МН). Известно, что метод Ньютона страдает от ряда недостатков (плохая сходимость при удалении от точки минимума), которых лишен, например, метод спуска Левенберга–Марквардта (МЛМ). В данной работе делается попытка экспериментально проанализировать, принесет ли какую-либо пользу (в плане производительности, числа затраченных итераций либо точности) использование МЛМ, по сравнению с МН.

**Алгоритм регистрации.** Пусть имеются два последовательных grayscale-видеокадра: $I_i$, полученный в момент времени $t_i$, и $I_{i+1}$, полученный в момент времени $t_{i+1}=t_i+\Delta t$. Можем представить интенсивность пикселя видеоизображения в виде функции $I(\mathbf{x},t)$, кото-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

рая зависит как от координат пикселя $\mathbf{x}=(x,y)^T$, так и от времени $t$. Тогда интенсивность пикселей конкретного видеокадра считаем сечением данной функции при фиксированном параметре $t$: $I_i(\mathbf{x})=I(\mathbf{x},t_i)$, $I_{i+1}(\mathbf{x})=I(\mathbf{x},t_i+\Delta t)$.

Пусть в момент времени $t_i$ наблюдаем на $i$-м кадре некий пиксель $\mathbf{x}_n=(x_n,y_n)^T$ этого изображения, принадлежащий прямоугольной области $\Omega$ (области шаблона). Пусть в следующий момент времени $t_i+\Delta t$ получаем с камеры кадр $I_{i+1}$, на котором наш пиксель вследствие движения визуального объекта *незначительно* перемещается в новое положение $\mathbf{x}'_n=(x_n+\Delta x,y_n+\Delta y)^T$.

Если предположим, что условия освещенности постоянны и разница между изображениями $I_i$ и $I_{i+1}$ обусловлена лишь движением головы пользователя, то будет верно равенство

$$I(x_n,y_n,t_i)=I(x_n+\Delta x,y_n+\Delta y,t_i+\Delta t). \qquad (1)$$

Выражение (1) задает модель параллельного переноса $\mathbf{x}_n\to\mathbf{x}'_n$ для конкретного пикселя изображения. Вообще же существует множество *параметрических моделей движения* [3], начиная от простого 2D параллельного переноса и вращения, до моделей 3D-движения, использующих проецирование на плоскость кадра. Поэтому имеет смысл ввести *обобщенную модель движения* $\mathbf{x}'=W(\mathbf{x},\mathbf{p})$ где $W(\mathbf{x},\mathbf{p})=\left(W_x(\mathbf{x},\mathbf{p});W_y(\mathbf{x},\mathbf{p})\right)^T$ – некая вектор-функция, ставящая в соответствие точке $\mathbf{x}$ на $i$-м кадре точку $\mathbf{x}'$ на ($i$+1)-м кадре, и зависящая от вектора параметров $\mathbf{p}=(p_1,p_2,...,p_m)^T$, где $m$ – размерность вектора $\mathbf{p}$. Подставляя выражение для модели движения в (1) и аппроксимируя правую часть (1) полным дифференциалом, для каждого пикселя $\mathbf{x}\in\Omega$ можно записать уравнение

$$\nabla I(\mathbf{x}_n,t_i)\mathbf{J}_W(\mathbf{x}_n,\mathbf{0})\Delta\mathbf{p}+\frac{\partial I(\mathbf{x}_n,t_i)}{\partial t}\Delta t=0.$$

В результате получим переопределенную систему из $N$ линейных неоднородных уравнений, для решения которой применяют метод наименьших квадратов, т.е. составляют функционал

$$\Phi(\Delta\mathbf{p})=\sum_{n=1}^{N}w(\mathbf{x}_n)\left[\nabla I(\mathbf{x}_n,t_i)\mathbf{J}_W(\mathbf{x}_n,\mathbf{0})\Delta\mathbf{p}+\frac{\partial I(\mathbf{x}_n,t_i)}{\partial t}\right]^2$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

и ищут его минимум. Для поиска минимума в основном применяют метод спуска Ньютона: $\Delta\mathbf{p}^{k+1} = \Delta\mathbf{p}^{k} - [\mathbf{H}_{\Phi}]^{-1}\left(\nabla\Phi(\Delta\mathbf{p}^{k})\right)^{T}$, где $\nabla\Phi(\Delta\mathbf{p})$ и $\mathbf{H}_{\Phi}$ – соответственно градиент и гессиан функционала, $k$ – номер итерации. Выполняют одну итерацию МН и затем подставляют найденное приближение $\Delta\mathbf{p}$ в $W(\mathbf{x},\mathbf{p})$ (1) и деформируют одно из изображений, «сближая» его с другим изображением. Затем находится новое приближение $\Delta\mathbf{p}$ и т.д. до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность.

**Выдвигаемые гипотезы.** 1) Известно, что метод Ньютона обладает недостатком – плохой сходимостью при удаленном начальном приближении. Возникает желание исследовать, не даст ли применение МЛМ $\Delta\mathbf{p}^{k+1} = \Delta\mathbf{p}^{k} - [\mathbf{H}_{\Phi} + \lambda_{k}\mathbf{E}]^{-1}\left(\nabla\Phi(\Delta\mathbf{p}^{k})\right)^{T}$ преимуществ, например, при наличии шума или если начальное приближение далеко от минимума. 2) Автору показалось странным то, что в оригинальном методе выполняется только одна итерация МН, а не ищется $\Delta\mathbf{p}$ с заданной точностью путем нескольких итераций. Интересно выяснить, имеет ли преимущество введение внутреннего итеративного цикла поиска $\Delta\mathbf{p}$.

Для того чтобы подтвердить или опровергнуть данные гипотезы, были реализованы программно алгоритм регистрации изображений, использующий МН, и алгоритм регистрации, использующий метод МЛМ, выполняющий не одну итерацию поиска $\Delta\mathbf{p}$, а несколько, до тех пор, пока не будет выполнено условие останова $\left\|\Delta\mathbf{p}^{k+1} - \Delta\mathbf{p}^{k}\right\| \le \varepsilon$, где $\varepsilon$ – заданная точность. В качестве исходных данных берется изображение (фотография) и несколько деформируется с использованием случайно заданных параметров. Эксперимент регистрации изображений проходит в трех различных условиях: 1) при отсутствии шума; 2) при наличии гауссова шума с параметрами (0, $\sigma$); 3) при наличии смещенного гауссова шума с параметрами ($\mu$, $\sigma$). Измеряются затраченное на регистрацию время, число итераций, характеристики точности. Получены следующие результаты:

1) Время работы алгоритма регистрации с МЛМ в среднем больше, чем время работы с МН, как при отсутствии шума, так и при его наличии, т.е. в вычислительном плане выгоднее использовать МН.

2) По точности алгоритм с МН в среднем не уступает алгоритму с МЛМ, вне зависимости от наличия шума и удаленности начального приближения, т.е. преимущества в точности применение МЛМ не дает.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

3) При применении МН число итераций очень незначительно отличается от числа итераций, затраченных при использовании МЛМ. На внутреннем цикле поиска $\Delta\mathbf{p}$ происходит в среднем 2–3 итерации; это не улучшает сходимости, а лишь увеличивает число итераций.

Проведено сравнительное исследование применения методов Ньютона и Левенберга–Марквардта к задаче регистрации изображений. Полученные экспериментальные данные показывают, что алгоритм Левенберга–Марквардта (по крайней мере в данной постановке) не обеспечивает прироста в точности и проигрывает в производительности методу Ньютона.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Lucas B. An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision / B.D. Lucas, T. Kanade // Proc. 7th Intnl. Joint Conf. on Artificial Intelligence. Vancouver, British Columbia, 1981. P. 674–679.

2. Baker S., Matthews I. Lucas-Kanade 20 Years On: A Unifying Framework: Part 1 // Tech. report CMU-RI-TR-02-16, Robotics Institute, Carnegie Mellon University. Pittsburg, 2002. 47 p.

3. Szeliski R. Image Alignment and Stitching: A tutorial // Foundations and Trends in Comp. Graphics and Comp. Vision; Hanover, MA: Now Publishers Inc, 2006. Vol. 2, № 1. P. 1–104.

## ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗА СВОЙСТВ НЕФТИ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

***А.А. Голубева, Н.А. Доброжинская, С.О. Лучкова, Д.А. Семыкина, Г.Ю. Цуленкова – студентки 4-го курса***

*г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, peremitinat@mail.ru*

При поиске новых месторождений нефти и газа в слабоосвоенных районах важное значение приобретает прогнозирование свойств и состава углеводородов. Основной путь к решению данной задачи – изучение закономерностей формирования и размещения нефтегазоносных месторождений. Целью данной статьи является разработка методологии статистического прогнозирования свойств нефти новых месторождений, основанной на применении вероятностного моделирования с использованием методов многомерной статистики, а также применения геоинформационных систем для учета пространственных характеристик объектов исследования. Применение традиционной процедуры статистического прогнозирования не позволяет учитывать пространственные свойства объектов исследования. В связи с этим разработан комплексный подход к анализу многомерных данных о пространственных объектах исследования [1].



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**Алгоритм и программный комплекс анализа данных**

Предложен алгоритм анализа пространственно-распределенных объектов и на его основе разработан программный комплекс (рис. 1), включающий модуль интерфейсов, модуль пространственного анализа данных, модуль статистического анализа и модуль графического отображения.

Модуль интерфейсов предназначен для осуществления взаимодействия между разнородными частями системы: модуль пространственного анализа (ПО ГИС) и модуль статистического анализа (среда Delphi 7). Модуль пространственного анализа данных включает: подготовку атрибутивной таблицы; отображение объектов на различных цифровых картах; выявление пространственных группирований объектов. Модуль статистического анализа реализует алгоритмы регрессионного, корреляционного анализов, метода главных компонент и метода максимального правдоподобия. Модуль графического отображения включает: графическое отображение объектов исследования в пространстве двух главных компонент; графическое представление нагрузок на две главные компоненты.

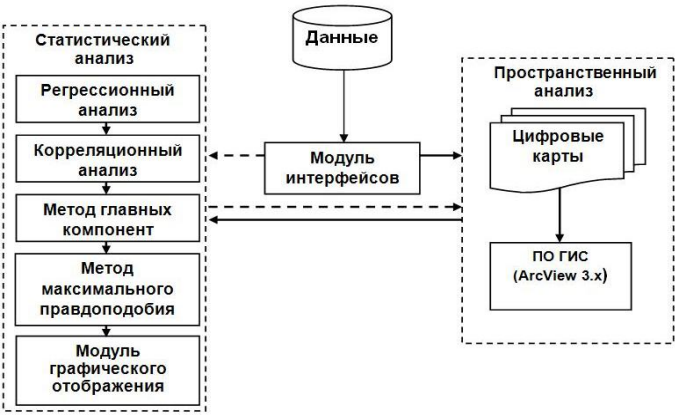



Рис. 1. Структура программного комплекса

**Результаты практического применения**

Разработанный подход был применен для анализа данных о геохимических параметрах рассеянного органического вещества нефтеносных пород. На первом этапе проводился статистический анализ данных с применением метода главных компонент, который позволил перейти из исходного многомерного пространства к двумерному пространству главных компонент. Далее вычислялись проекции характеристик объектов исследования на оси главных компонент [3]. Анализ нагрузок на главные компоненты позволил оценить вклад каждого па-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

раметра объекта исследования в картину распределения объектов и дал возможность выявить наиболее вариабельные параметры. Таким образом, в результате применения метода главных компонент были выявлены значимые параметры, причем первая главная компонента (ГК1) составила 59,3% дисперсии, а вторая главная компонента (ГК2) составила 15,5%.

Анализ нагрузок на главные компоненты позволил определить набор геохимических параметров минимальной размерности, обеспечивающих решение задач прогноза с допустимой надежностью и точностью. Результаты компонентного анализа показали, что для описания корреляционных связей между образцами достаточно семи наиболее значимых показателей. На рис. 2 представлены соотношения между данными параметрами, где значения нагрузок на главные компоненты являются весовыми коэффициентами в уравнениях модели прогноза.

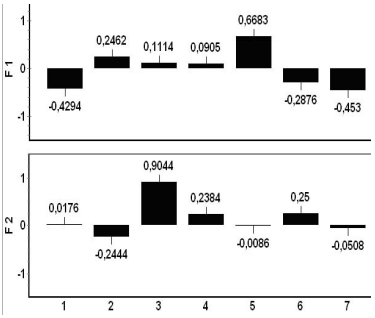



Рис. 2. Нагрузки на главные компоненты

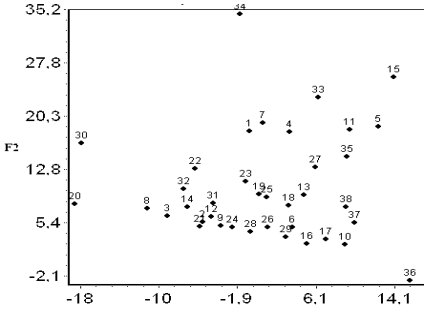



Рис. 3. Распределение в пространстве двух главных компонент

На основе предложенного алгоритма прогнозирования состава и свойств нефти, основанного на использовании методов статистического и пространственного анализов объектов исследования, разработан программный комплекс автоматизированного прогнозирования состава и свойств нефти новых месторождений. Практическое применение программного комплекса проводилось на данных по геохимическим параметрам органического вещества пород отдельных горизонтов юры Западно-Сибирской НГП. В результате этого была построена прогностическая модель и выявлены основные информативные характеристики нефти и их пространственные особенности.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Полищук Ю.М., Перемитина Т.О. Геоинформационный комплекс анализа состояния окружающей среды на основе метода главных компонент // Вычислительные технологии. 2004. Т. 9, Ч. 2. С. 14–25.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

2. Казначеев В.П., Поляков Я.В. и др. Проблемы «Сфинкса XXI века». Выживание населения России. Новосибирск: Наука, 2000. 232 с.

3. Андрукович П.Ф. Применение метода главных компонент в практических исследованиях. М.: Изд-во МГУ, 1973. Вып. 36.124 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ*

***И.Б. Полукеев, М.В. Степаненко, М.А. Сурков, студенты;***
***Н.В. Зариковская, науч. рук., к.ф.-м.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР*

Современный уровень компьютеризации позволяет и предполагает использовать в процессе обучения студентов электронные лаборатории. Сегодня языки программирования позволяют создавать электронные лаборатории, которые могут быть запущенны при любых аппаратных условиях.

Понятие «лабораторный макет» в последние два-три десятилетия является едва ли не самым распространенным в научной литературе, по крайней мере, в естественно-научной и технической.

Использование компьютерного аналога упрощает проведение лабораторных занятий, а именно:

− нет необходимости в дорогостоящем оборудовании (осциллограф, источники постоянного и переменного токов и т.д.);

− нет нужды в специализированной аудитории, достаточно компьютерного класса.

Электронная лаборатория реализована «замкнутой», т.е. содержащей и теоретическую, и собственно экспериментальную лабораторию. Это, в свою очередь, упрощает учебный процесс.

Электронная лаборатория обладает достаточно полным объёмом информации по изучаемой дисциплине, содержит, помимо практической части, теоретические основы для решения наиболее общих задач.

Лабораторный комплекс содержит:

− теоретический материал;

− входной тест;

− экспериментальную часть.

В качестве языка для разработки был выбран язык объектно-ориентированного-программирования – Delphi 7.

* Работа выполнена в рамках ГПО ФЭ-0715 – Разработка и реализация электронных учебников по дисциплинам специальности «Микроэлектроника и твердотельная электроника».



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Рассмотрим структуру реализованной электронной лаборатории, приведенной на рис. 1.

Рис. 1. Структура электронной лаборатории

К основным достоинствам этой лаборатории относится:

1. лабораторные комплексы, реализованные на данном языке, не требовательны к аппаратной конфигурации компьютера;

2. объем комплекса достаточно мал, что позволяет его легко размещать и скачивать из сети Internet.

В дальнейшем планируется создавать такие лабораторные комплексы по другим дисциплинам.

## СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

***К.В. Серебряков, студент 6-го курса;***
***С.И. Колесникова, науч. рук., к.ф.-м.н., доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭМИС, k.sereb@sibmail.com*

Электромеханические системы (ЭМС) занимают важное место в различных областях техносферы и являются ключевым элементом большинства установок и агрегатов. Чрезвычайную важность приобре-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

тает задача поиска наиболее совершенных алгоритмов управления, т.е. задача синтеза автоматического регулятора.

Практическое применение и промышленное исполнение получили системы подчиненного и модального регулирования, базирующиеся на идеологии линейной теории автоматического управления и частотных методах синтеза регуляторов. Недостатками линейного подхода являются неадекватность линейного или линеаризованного математического описания реальным процессам в ЭМС, которые являются существенно нелинейными; неиспользование всех имеющихся каналов управления и т.д.

Все большее развитие в последнее время получает синергетический подход, предложенный профессором А.А. Колесниковым и базирующийся на принципах направленной самоорганизации нелинейных динамических систем.

Цель синергетического управления заключается в формировании в фазовом пространстве объекта искусственных аттракторов – притягивающих инвариантных многообразий [1].

Основная функция метода АКАР (аналитического конструирования агрегированных регуляторов) – определение законов управления, обеспечивающих желаемое движение системы по заданным инвариантным многообразиям.

На первом этапе составляются математическое описание объекта и формирование расширенной системы дифференциальных уравнений, в которую входят искомые управления, задающие возмущающие воздействия, оптимизация, наблюдения координат.

На втором этапе происходит формирование целевых инвариант.

Третьим этапом является конструирование «внешних» управлений, обеспечивающих сжатие исходного фазового пространства до размерности конечного многообразия, вдоль которого изображающая точка осуществляет движение согласно уравнениям «внутренней» динамики системы (декомпозиция замкнутой системы).

Конечный этап – конструирование «внутренних» управлений (связей между координатами декомпозированной системы), обеспечивающих выполнение цели управления посредством достижения целевых инвариант.

При определенных допущениях модель динамического движения АД может быть представлена следующей системой уравнений [2, 3]:

$$\frac{di_{sx}(t)}{dt} = \frac{1}{L_\sigma}\left[U_{sx}(t) - R_\sigma i_{sx}(t) + K_r A_r \psi_{rx}(t) + K_r z_p \omega_r(t)\psi_{ry}(t)\right] + \\ + \omega_k(t)\, i_{sy}(t) \quad , \quad (1)$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$\frac{di_{sy}(t)}{dt} = \frac{1}{L_s}\left[U_{sy}(t) - R_s i_{sy}(t) + K_r A_r \psi_{ry}(t) - K_r z_p \omega_r(t)\psi_{rx}(t)\right] + \\ + \omega_k(t)\, i_{sx}(t) \quad , \quad (2)$$

$$\frac{d\psi_{rx}(t)}{dt} = R_r K_r i_{sx}(t) - A_r \psi_{rx}(t) + \omega_k(t)\psi_{ry}(t) - z_p \omega_r \psi_{ry}(t), \quad (3)$$

$$\frac{d\psi_{ry}(t)}{dt} = R_r K_r i_{sy}(t) - A_r \psi_{ry}(t) - \omega_k(t)\psi_{rx}(t) + z_p \omega_r \psi_{rx}(t), \quad (4)$$

$$\frac{d\omega_r(t)}{dt} = \frac{1}{[J_r + J_c(t)]}[M_э(t) - M_c(t)],$$

$$\frac{d\theta_r(t)}{dt} = \omega_r(t),$$

$$M_э(t) = \frac{3}{2} K_r z_p \left[\psi_{rx}(t) i_{sy}(t) - \psi_{ry}(t) i_{sx}(t)\right], \quad (5)$$

где $L_s = L_s - \frac{L_m^2}{L_r}$; $R_s = R_s + (R_r K_r^2)$; $K_r = \frac{L_m}{L_r}$; $A_r = \frac{R_r}{L_r}$.

В данных уравнениях приняты следующие обозначения: индексы «*rx*», «*ry*», «*sx*», «*sy*» использованы для обозначения координатных осей ротора и статора соответственно; $R_s$, $L_s'$ – сопротивление и индуктивность рассеяния статора; $R_r$, $L_r'$ – приведенные значения сопротивления и индуктивности рассеяния ротора; $L_m$ – взаимоиндуктивность обмоток статора и ротора; $L_s$, $L_r$ – полные индуктивность статора и приведенная индуктивность ротора; $L_s = L_s' + L_m$, $L_r = L_r' + L_m$; $U_{sx}(t)$, $i_{sx}(t)$, $U_{sy}(t)$, $i_{sy}(t)$ – напряжения и токи статора по координатным осям *x* и *y*; $\psi_{rx}(t)$, $\psi_{ry}(t)$ – приведенные потокосцепления ротора по осям *x* и *y*; $\omega_r(t)$ – механическая угловая частота ротора; $M_э(t)$ – электромагнитный момент двигателя; $z_p$ – число пар полюсов; $J_r$ – момент инерции ротора двигателя; $J_c(t)$ – момент инерции механической нагрузки, приведенный к валу двигателя; $M_c(t)$ – механический момент сопротивления на валу двигателя; $\theta_r(t)$ – механическое угловое положение ротора.

Рассмотрим условие согласованности пространственного расположения координатных осей $\{x, y\}$ с ориентацией потокосцеплений $\psi_{rx}(t)$ и $\psi_{ry}(t)$, позволяющее сократить число переменных состояний в исходных уравнениях:

$$\psi_{ry}(t) = 0, \ \frac{d\psi_{ry}(t)}{dt} = 0, \ \psi_{rx}(t) = \psi_r(t). \quad (6)$$

Подставим условия (6) в уравнения (1) – (5), уравнение (4) примет вид:

$$0 = R_r K_r i_{sy}(t) - \omega_k(t)\psi_r(t) + z_p \omega_r \psi_r(t). \quad (7)$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Выразим из уравнения (7) переменную $\omega_k(t)$, подставим ее в уравнения, где эта переменная присутствует.

В дальнейшем, для организации системы управления АД текущее значение угла $\theta_k(t)$ поворота координатной системы $\{x, y\}$ вычисляется в соответствии с уравнением:

$$\frac{d\theta_k(t)}{dt} = \frac{K_r R_r i_{sy}(t)}{\psi_r(t)} + z_p \omega_r(t).$$

Принимая во внимание следующие обозначения: $x(t) = [x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t), x_5(t)]^T = [i_{sx}(t), i_{sy}(t), \psi_r(t), \omega_r(t), \theta_r(t)]^T$ – вектор состояния АД; $U(t) = [U_{sx}(t), U_{sy}(t)]^T$ – вектор управляющих воздействий, систему уравнений можно записать в компактной форме:

$$\dot{x}_1(t) = -a_1 x_1(t) + a_2 \frac{1}{x_3(t)} x_2^2(t) + a_3 x_3(t) + a_4 x_2(t) x_4(t) + a_5 U_{sx}(t),$$

$$\dot{x}_2(t) = -a_2 x_2(t) \frac{1}{x_3(t)} x_1(t) - a_6 x_2(t) - a_7 x_4(t) x_3(t) - a_4 x_1(t) x_4(t) + a_5 U_{sy}(t),$$

$$\dot{x}_3(t) = a_8 x_1(t) - a_8 x_3(t),$$

$$\dot{x}_4(t) = a_9 a_{10}(t) x_3(t) x_2(t) - a_{10}(t) M_c(t),$$

$$\dot{x}_5(t) = x_4(t),$$

где $a_1 = \frac{R_s}{L_s}$; $a_2 = K_r R_r$; $a_3 = \frac{1}{L_s} K_r A_r$; $a_4 = z_p$; $a_5 = \frac{1}{L_s}$; $a_6 = \frac{1}{L_s} R_s$; $a_7 = \frac{1}{L_s} K_r z_p$; $a_8 = A_r$; $a_9 = \frac{3}{2} z_p K_r$; $a_{10}(t) = \frac{1}{J_r + J_c(t)}$.

В результате работы проведен синтез синергетического управления для указанной модели. Произведена серия экспериментальных опытов, свидетельствующих о приемлемом качестве управления.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Колесников А.А., Веселов Г.Е., Попов А.Н. и др. Синергетическое управление нелинейными электромеханическими системами. М.: Фирма «Испо-Сервис», 248 с.

2. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин. М.: Высш. шк., 2001.

3. Изосимов Д.Б., Рывкин С.Е. Идентификация частоты вращения и составляющих вектора потокосцепления ротора асинхронного двигателя по измерениям токов и напряжений обмоток статора // Электричество. 2005. № 4. С. 32–40.




Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

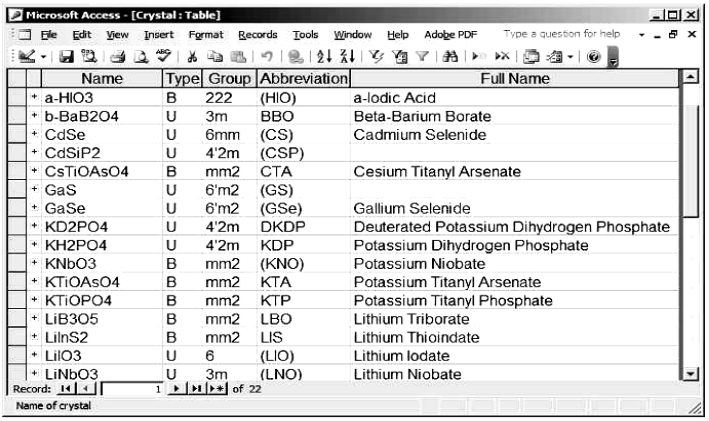
## ПРОГРАММА «NLO – SECOND HARMONIC GENERATION. V.1»*

*А.В. Шайдуко, м.н.с.; Г.В. Ланский, к.ф.-м.н.*
*г. Томск, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, A1579@sibmail.com*

Разработан пакет прикладных программ для проведения расчетов условий синхронизма и эффективности преобразования частот сверхкоротких импульсов в двухосных нелинейных кристаллах. Представление результатов расчетов в виде поверхности с нанесёнными на неё дискретными областями для обозначения коэффициента качества и групповой длины синхронизма позволяет быстро получить качественную оценку возможностей интересующего кристалла в целях преобразования частоты импульсов фемтосекундной длительности.

Программа состоит из трёх основных частей: базы данных (БД), визуального интерфейса и алгоритмов математического анализа.

Созданная БД предназначена для хранения и управления данными о физических свойствах нелинейных кристаллов, в существенной степени определяющих эффективность процессов параметрического преобразования частоты (ППЧ) лазерного излучения. БД представляет собой 4 таблицы (рис. 1–4), которые содержат основные параметры исследуемых кристаллов, такие как диапазоны прозрачности кристаллов, коэффициенты тензора нелинейной восприимчивости второго порядка, группу симметрии и коэффициенты дисперсионных уравнений и некоторые другие параметры. Запись данных производится напрямую в соответствующие таблицы БД.


Microsoft Access - [Crystal : Table]

File Edit View Insert Format Records Tools Window Help Adobe PDF Type a question for help

| Name | Type | Group | Abbreviation | Full Name |
|---|---|---|---|---|
| a-HIO3 | B | 222 | (HIO) | a-Iodic Acid |
| b-BaB2O4 | U | 3m | BBO | Beta-Barium Borate |
| CdSe | U | 6mm | (CS) | Cadmium Selenide |
| CdSiP2 | U | 4'2m | (CSP) | |
| CsTiOAsO4 | B | mm2 | CTA | Cesium Titanyl Arsenate |
| GaS | U | 6'm2 | (GS) | |
| GaSe | U | 6'm2 | (GSe) | Gallium Selenide |
| KD2PO4 | U | 4'2m | DKDP | Deuterated Potassium Dihydrogen Phosphate |
| KH2PO4 | U | 4'2m | KDP | Potassium Dihydrogen Phosphate |
| KNbO3 | B | mm2 | (KNO) | Potassium Niobate |
| KTiOAsO4 | B | mm2 | KTA | Potassium Titanyl Arsenate |
| KTiOPO4 | B | mm2 | KTP | Potassium Titanyl Phosphate |
| LiB3O5 | B | mm2 | LBO | Lithium Triborate |
| LiInS2 | B | mm2 | LIS | Lithium Thioindate |
| LiIO3 | U | 6 | (LIO) | Lithium Iodate |
| LiNbO3 | U | 3m | (LNO) | Lithium Niobate |

Record: 1 of 22

Name of crystal

Рис. 1. Внешний вид таблицы «Crystal»

* Программа «NLO-Second Harmonic Generation v.1» Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009611200, 2009 г.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

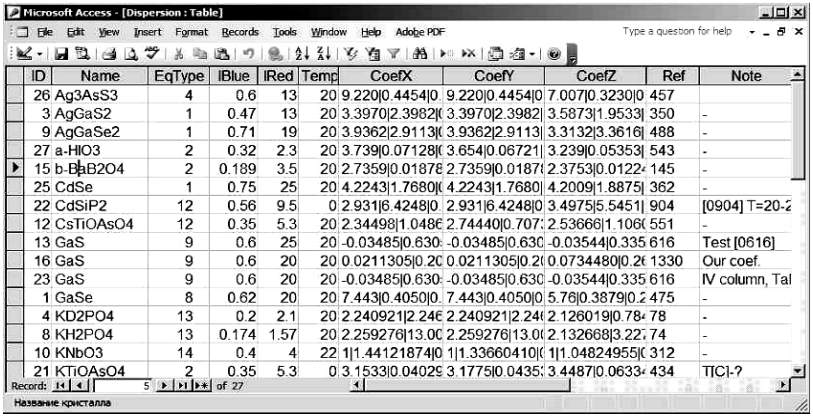



Рис. 2. Внешний вид таблицы «Dispersion»

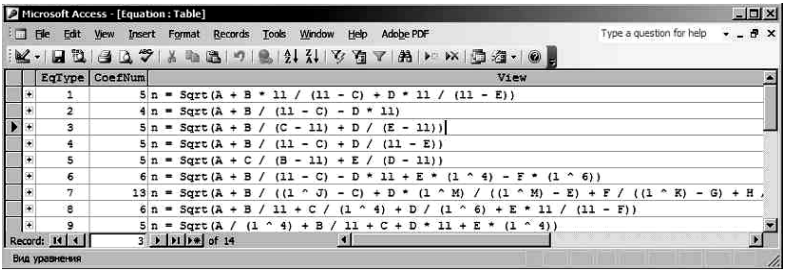



Рис. 3. Внешний вид таблицы «Equation»

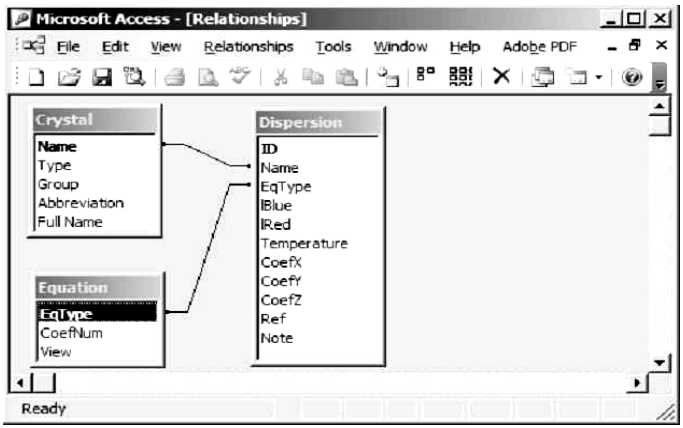



Рис. 4. Схема связей между таблицами БД

Визуальный интерфейс (рис. 5) программы реализован с применением библиотеки базовых классов MFC. Посредством визуальной обо-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

лочки предоставляются возможности поиска и выбора интересующего кристалла из БД, выбора типа взаимодействия, плоскости или набора сечений кристалла, в которых будет проводиться расчёт.

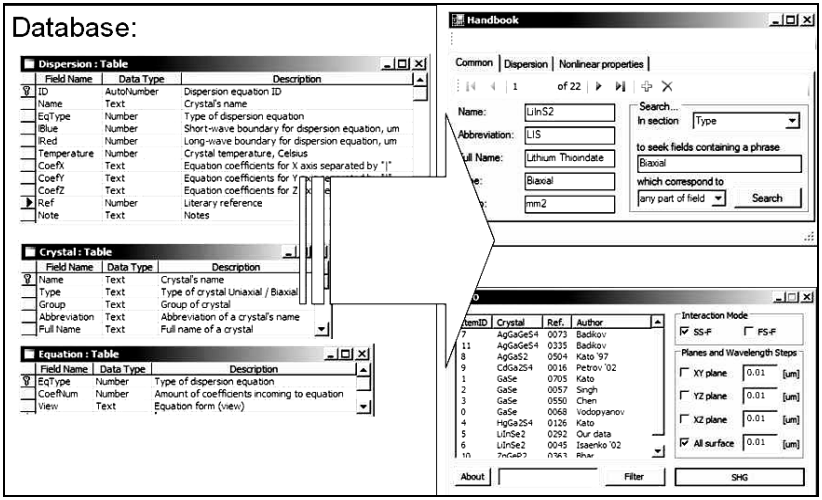



Рис. 5. Визуальный интерфейс

Алгоритм расчёта реализован на языке C++ с применением методов объектно-ориентированного программирования. Пример расчета условий фазового синхронизма для объеме кристаллов GaSe, приведен на рис. 6.

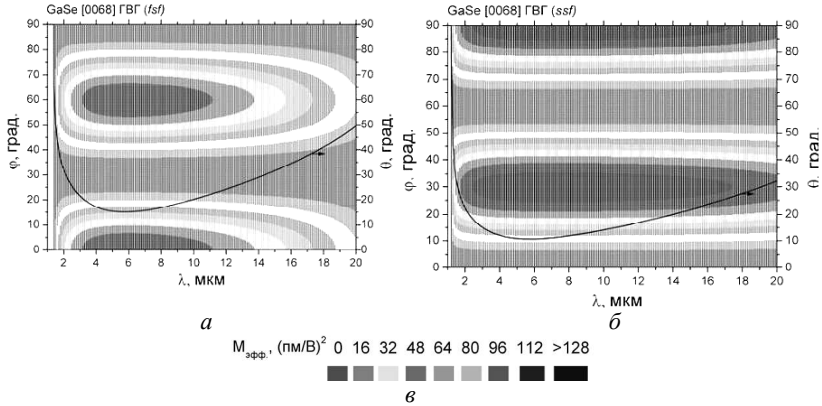



Рис. 6. Кривая фазового синхронизма для ГВГ в кристалле GaSe по I (*а*) и II (*б*) типу синхронизма (черная кривая). Зависимость коэффициента качества Мэфф от угла φ (*а*, *б*) представлена в виде областей, выделенных цветом в соответствии со шкалой (*в*)



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ САМОВОЗДЕЙСТВИЯ В НЕЛИНЕЙНЫХ КРИСТАЛЛАХ

***А.В. Шайдуко, м.н.с.***

*г. Томск, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, A1579@sibmail.com*

В процессе параметрического преобразования частоты (ППЧ) в нелинейных кристаллах (НК) со временем формируется устойчивое распределение теплового поля. Высокие энергетические параметры излучений могут привести к увеличению температуры. В предельных случаях разогрев может привести к самофокусировке и разрушению НК. Ослабление эффекта теплового самовоздействия возможно путём расчета распределения теплового и оптических полей в объеме НК.

Эти поля сосуществуют и взаимоопределяют друг друга. В данной работе описана математическая модель, система укороченных уравнений и алгоритм для проведения расчетов в 4-мерной системе координат на ПК на примере двухосного НК β-$BaB_2O_4$ (BBO) в случае генерации второй гармоники (ГВГ).

Выражение для необыкновенного пучка второй гармоники из [6]

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}+2\rho\frac{\partial^2}{\partial x\partial z}\right)E_e+K_2^2E_e=-\frac{\omega_e^2}{\varepsilon_0 c^2}P_e^{NL}. \quad (1)$$

Пучки накачки и второй гармоники (ВГ) описываются выражением

$$E_{1,2}(x,y,z)=A_{1,2}\exp\left(iK_{1,2}z\right), \quad (2)$$

где $E_{1,2}$, $A_{1,2}$ и $K_{1,2}$ – интенсивности, амплитуды и волновые векторы волны накачки и ВГ. По приближению Клейнмана

$$P_1^{NL}=2\varepsilon_0 d_{eff}A_1^{*}A_2\exp\left[i\left(K_2-K_1\right)z\right],\ P_2^{NL}=\varepsilon_0 d_{eff}A_1^{2}\exp\left(i2K_1z\right). \quad (3)$$

Подставляя (2), (3) в (1) и взяв производную $\Delta_\perp=\partial^2/\partial x^2+\partial^2/\partial y^2$, получим систему уравнений:

$$\frac{\partial A_1}{\partial z}+\frac{1}{2iK_1}\Delta_\perp A_1+\rho_2\frac{\partial A_2}{\partial x}+\frac{\alpha_2}{2}A_2+i2K_1z\frac{\partial n_2}{\partial T}TA_2=\frac{i\omega}{cn_1}d_{eff}A_1^{*}A_2\exp\left[i\left(K_2-K_1\right)z\right], \quad (4)$$

$$\frac{\partial A_2}{\partial z}+\frac{1}{2iK_2}\Delta_\perp A_2+\rho_2\frac{\partial A_2}{\partial x}+\frac{\alpha_2}{2}A_2+i2K_1z\frac{\partial n_2}{\partial T}TA_2=\frac{i\omega}{cn_2}d_{eff}A_1^{2}\exp\left[i\left(2K_1-K_2\right)z\right], \quad (5)$$

где $\rho_{1,2}$, $\alpha_{1,2}$, $n_{1,2}$, $d_{eff}$, $\partial n_{1,2}/\partial T$, $T$ – соответственно углы сноса волны накачки и ВГ, коэффициент поглощения, показатель преломления, эффективный нелинейный коэффициент, температурный градиент показателей преломления и относительная температура (разница температуры кристалла и окружающей среды). После нормализации параметров выражения (4) и (5) примут вид



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$\frac{\partial A_1}{\partial \wedge}=\frac{i}{4}\left(\frac{\partial^2 A_1}{\partial \xi^2}+\frac{\partial^2 A_1}{\partial \eta^2}\right)-\bar{\rho}_1\frac{\partial A_1}{\partial \xi}-\frac{\bar{\alpha}_1}{2}A_1-i\bar{\gamma}_1 T A_1+i\bar{\sigma}A_1^{*}A_2\exp\left(-2i\kappa\Delta\wedge\right),$$

$$\frac{\partial A_2}{\partial \wedge}=\frac{i}{8}\left(\frac{\partial^2 A_2}{\partial \xi^2}+\frac{\partial^2 A_2}{\partial \eta^2}\right)-\bar{\rho}_2\frac{\partial A_2}{\partial \xi}-\frac{\bar{\alpha}_1}{2}A_2-i\bar{\gamma}_2 T A_2+i\bar{\sigma}A_1^{2}\exp\left(2i\kappa\Delta\wedge\right), \quad (6)$$

а нормализованные параметры будут определены как

$$\xi=x/w_0,\eta=y/w_0,\wedge=z/f,f=\frac{1}{2}k_1 w_0^2=\frac{\pi w_0^2}{\lambda_1},\Delta=\frac{1}{2}\Delta k w_0, \quad (7)$$

где $k=f/w_0$, $\bar{\rho}_{1,2}=k\rho_{1,2}$, $\bar{\alpha}_{1,2}=\alpha_{1,2}f$, $\bar{\gamma}_{1,2}=\gamma_{1,2}f$, $\bar{\sigma}_{1,2}=\sigma_{1,2}f$, $T$ – 4-мерная пространственно-временная функция; $w_0$ – радиус перетяжки излучения накачки. Система укороченных уравнений (6) может быть решена обычным методом последовательных приближений или методом преобразования Фурье [1]. При этом определение вида уравнения теплопроводности является ключевой точкой разрабатываемой модели. Примем для простоты: 1) Увеличение температуры на боковой поверхности кристалла гораздо меньше, чем в центре кристалла; 2) Теплопроводность изотропна, т.е. не влияет на распределение теплового поля. Тогда тепловое поле удовлетворяет уравнению Пуассона [2]

$$\begin{cases} T_t-\alpha^2\left(T_{xx}+T_{yy}+T_{zz}\right)=f(x,y,z,t), \\ \left(T+HT_z\right)\big|_{z=L}=0,\left(T-HT_z\right)\big|_{z=0}=0 \\ T\big|_{t=0}=\Phi(x,y,z), \end{cases}, \quad (8)$$

где $H = k/h$, $k$ – теплопроводность; $h$ – коэффициент теплопередачи воздуха; $f(x, y, z, t) = F(x, y, z, t)/(C\rho)$; $F$ – количество тепла, произведенное в единице объема с координатами $x$, $y$, $z$ в единицу времени; $\alpha^2=k/(C_{\rho_c})$; C – теплоемкость; $\rho_c$ – плотность кристалла. Выражение (8) может быть приведено к виду

$$T(\xi,\eta,\varsigma,t)=\sum_{n=1}^{\infty}\Theta_n(\varsigma)\iint_{\infty}\exp\left[-2i\pi\left(s_1\xi+s_2\eta\right)\right]\left[C_n\left(s_1,s_2,t\right)+D_n\left(s_1,s_2,t\right)\right]ds_1, \quad (9)$$

где $\Phi=\tilde{\phi}\exp\left[4\pi^2 a_2^2\left(s_1^2+s_2^2\right)t\right]$, $C_n=M_n\exp(-gt)\int_0^1\Phi(s_1,s_2,\varsigma,0)\Theta_n d\varsigma$,

$$\Theta_n=\cos(x_n,\varsigma)+\left(bx_n\right)^{-1}\sin(x_n,\varsigma),\ g=4\pi^2 a_2^2\left(s_1^2+s_2^2\right)+a_1^2 x_n,$$

$$M_n=\frac{2x_n^2 b^2}{w_0^2\left(x_n^2 b^2+1+2b\right)},\ D_n=M_n\frac{1-\exp(-gt)}{g}\int_0^1\tilde{f}\left(s_1,s_2,\varsigma,t\right)\Theta_n d\varsigma.$$

При преобразовании Фурье (9) принимает вид



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$\tilde{\prod}(s_1,s_2,\varsigma,t)=w_0^2\iint\limits_{\infty}\prod(\xi,\eta,\varsigma,t)\exp\left[2\pi i\left(s_1\xi+s_2\eta\right)\right]d\xi d\eta\,. \qquad (10)$$

Здесь П может быть $T$, $f$ или φ; $\xi=Z/L$, где $\lambda_n$ – $n$-й корень уравнения (8), для которого граничные условия определены выражением $\tan(\sqrt{\lambda}L)=2H\sqrt{\lambda}/(H^2\lambda-L^2)$.

Из (9), (10) видно что численные решения очень сложны. Для упрощения расчетов, сечение пучка накачки предлагается разбить на участки, в пределах которых оптическое поле можно считать однородным. Так как для выбранного локального участка на входной поверхности кристалла изменение температуры в направлении распространения накачки плавное, то для проведения расчетов для тонкого слоя кристалла будет достаточно использования ограниченного Фурье-спектра. В этом случае сумма будет сходиться быстро. Оптические поля на выходе тонкого слоя кристалла могут быть рассчитаны как суперпозиция полей, дошедших из различных локальных участков на входе кристалла. Для следующего слоя кристалла результирующее поле может быть принято в качестве излучения накачки и процедура расчета повторена. Расчет оптических полей проведен с использованием укороченных уравнений (6).

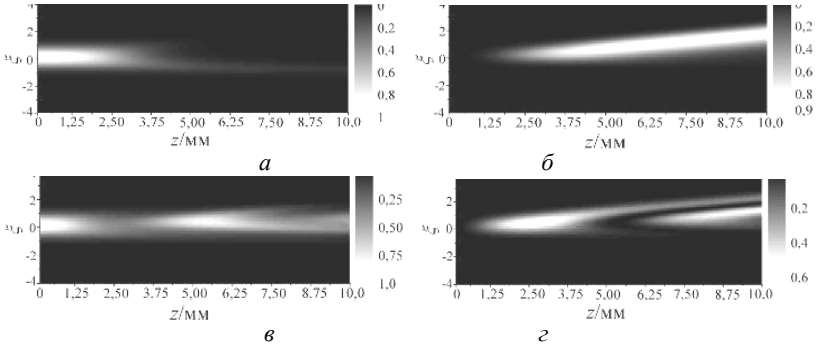



Рис. 1. Распределение интенсивности поля накачки (*а*, *в*) и ВГ (*б*, *г*) в момент $t$ = 0 с (*а*, *б*) и $t$ = 1000 с (*в*, *г*) для ВВО

На рис. 1, *а* и *б* видно, что поле накачки и ВГ изменяются взаимосвязанно, а на рис. 1, *б* и *г* – возмущающее действие тепловых процессов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Huang J.J. Simulation of three-wave interactions for focused beams with an assistant curvilinear coordinate system // J. Opt. Soc. Am. B-2006. Vol. 23. P. 1312–1322.

2. Liang K.M. Mathematical physics methods. Bei jing: Higher Education Press, 1997. 347 p.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

*ПОДСЕКЦИЯ 17.2*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИМИТАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ЭКОНОМИКЕ

*Председатель – **Мицель А.А.**, д.т.н., профессор каф. АСУ;*
*зам. председателя – **Ефремова Е.А.**, к.т.н., доцент каф. АСУ*

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕЧНЫХ МОДЕЛЕЙ*

***Т.В. Алина, студентка 4-го курса***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭМИС, emis427@mail.ru*

Моделирование экономических процессов – одна из основных задач экономики. Уже много веков ученые разных стран осуществляют попытки моделирования с целью прогнозирования, но данная задача не решена до сих пор. Экономическая математика – раздел прикладной математики, в которой исследуются динамические системы и линейные временные ряды. Валютный рынок Forex является ярким представителем генерации таких временных рядов [1]. Одним из методов анализа является метод японских свечей.

Задача исследования состоит в определении прогностических свойств свечных моделей применительно к валютному рынку. В качестве исходных данных берется поведение цены на рынке Forex.

Начальный этап данной работы представляет собой анализ ситуации, сложившейся на рынке. Выделим комбинации свечей и определим вероятность получения положительного результата.

Для эксперимента используется терминал MetaTrader. Для написания кода программы текстовый редактор экспертов MetaEditor 4, поддерживающий MetaQuotes Language 4 (MQL4) – встроенный язык программирования торговых стратегий.

Для анализа было решено остановиться на одной комбинации и исследовать ее детально. Для этого была выбрана комбинация «Три белых солдата».

В классическом анализе комбинация определяется как бычья разворотная модель. Вот как описывается она в книге Грегори Л. Морриса «Японские свечи: метод анализа акций и фьючерсов, проверенный временем»:

* Выполнено в рамках проекта ГПО ЭМИС-0801 – Прогностические модели в экономике.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

«Модель *три белых солдата* состоит из ряда длинных белых свечей, цена закрытия каждой из которых выше, чем у предыдущей. Лучше всего, если каждая сессия открывается в середине торгового диапазона (тела) предыдущего дня. Такая «лесенка» носит вполне бычий характер и показывает, что понижательный тренд внезапно кончился» [2].

Помимо основных правил распознавания данной комбинации введем дополнительно еще 2 условия:

1. Определяем размер среднего тела, как среднее арифметическое 5 свечей до комбинации (откидываются свечи-доджи). Размер каждой свечи комбинации должен превышать размер среднего тела.
2. В классическом варианте перед комбинацией должно осуществляться движение тренда вниз.

Проведен анализ встречаемости комбинаций при разных условиях на разных валютных парах на таймфреймах M1, M5, M15, M30, H1, H4. Влияние условий на количество встречаемости комбинаций:

− при добавлении условия на средние тела количество комбинаций уменьшается в среднем в 6–7 раз;

− при добавлении условия на движение тренда перед комбинацией количество комбинаций уменьшается в 3–4 раза.

В среднем при добавлении одновременно обоих условий количество комбинаций уменьшается в 40–45 раз.

Проведен анализ всех встречаемых комбинаций, определено дальнейшее движение тренда при разных условиях.

В классическом анализе данная комбинация требует понижательного тренда перед ней. В результате анализа полученных данных выявлено, что определение движения тренда перед комбинацией не оказывает какого-либо влияния на прогностическую способность модели. На данный момент такого рода информации в литературе не встречалось.

Условия, вводимые на размер свечей в комбинации, также не влияют на прогностическую способность данной комбинации.

Выявлено, что движение тренда после встречи комбинации осуществляется вниз в среднем в 0,595 случаях что позволяет на практике осуществлять прогнозы, однако без особой уверенности.

Была осуществлена попытка определить закономерность появления комбинаций. Однако определенной закономерности в появлении комбинаций не выявлено, что говорит об их случайном появлении.

В данной работе предпринята попытка определения прогностических свойств свечных моделей применительно к валютному рынку. Проведен тщательный анализ одной из свечных комбинаций, а именно «Три белых солдата», определено, что движение тренда перед комбинацией не оказывает закономерного влияния на прогностическую способность данной комбинации, что позволяет отвергнуть классическое



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

требование к понижательному тренду перед комбинацией. Разработана универсальная методика, определяющая частоты появления свечных комбинаций, их прогностические свойства.

Направление дальнейших исследований представляет собой статистический анализ прогностических свойств других свечных комбинаций, поиск собственных свечных моделей, обладающих повышенными прогностическими свойствами.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. http://fxclub.tomsk.ru/
2. Моррис Грегори Л. Японские свечи: метод анализа акций и фьючерсов, проверенный временем. М.: Альпина Паблишер, 2001.

## ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ФИНАНСОВОГО ИНЖИНИРИНГА

***Т.И. Боровская, А.Н. Козлов, С.Ц. Тудупова, студенты 3-го курса***
*г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ*

В настоящее время финансовый инжиниринг – это процесс создания (конструирования и введения на рынок) новых разновидностей финансовых инструментов с учетом потребностей эмитентов и инвесторов в ликвидности, доходности, специальных стратегиях при поддержании необходимого уровня финансовых и других рисков [1].

Основной целью финансового инжиниринга можно назвать формирование желаемых денежных потоков в сочетании с наилучшим возможным соотношением риска, доходности и ликвидности созданного продукта, что обеспечивает его конкурентоспособность.

Содержание финансового инжиниринга состоит в создании новых финансовых инструментов как форм перераспределения денежных ресурсов, несущих определенный уровень рисков, ликвидности и прибыльности, соответствующих определенным потребностям кредиторов (инвесторов) и заемщиков. Основные составляющие финансового инжиниринга представлены ниже:

1) денежные средства и процентная ставка;

2) торговля рисками, которая состоит из трех основных элементов:

– процент как плата за риск,

– ликвидность как форма более динамичного распределения рисков, т.е. необходимо обеспечить ликвидность вложений,

– использование технических инструментов, позволяющих управлять рисками, в первую очередь, производных ценных бумаг;

3) создание новых финансовых продуктов;



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

4) макроэкономические изменения в экономике (они вызывают создание на уровне микроэкономики новых нетрадиционных продуктов);

5) потребности клиентов и финансовых институтов (соотношение интересов заемщиков и инвесторов);

6) соответствие новых продуктов законодательству (внеэкономические факторы).

Рассмотрим основные концепции финансового инжиниринга, разработанные в западной финансовой теории в 80–90-х годах.

**Концепция 1**

Содержание финансового инжиниринга состоит в создании, управлении и использовании производных ценных бумаг.

Создание новых производных ценных бумаг направлено на получение прибыли (арбитраж и спекуляция) и управление рисками. Существуют 2 вида управления рисками:

а) быстрое и интенсивное управление рисками (например, в течение одной торговой сессии);

б) качественное управление рисками, рассчитанное на долгосрочные тенденции.

Необходимо их разумное сочетание, чтобы не получилось, как в случае банкротства банка Barings Brothers (быстрота и стремительность падения этого финансового учреждения показала, что рисками нельзя управлять только оперативным путем, реагируя на действия отдельных трейдеров в течение торговой сессии).

Все отрицательное воздействие производных инструментов на финансовые институты связано с их неправильным использованием.

В связи со сложностью и высокой рискованностью производных ценных бумаг в основе их использования результаты математического моделирования.

**Концепция 2**

Содержание финансового инжиниринга – конструирование финансовых инструментов и финансовых технологий для управления портфелем ценных бумаг. Эта точка зрения наиболее полно изложена Мишелем Кьепертом, сопрезидентом Швейцарской ассоциации финансовых инженеров.

Основные положения этой концепции следующие:

1. В основе управления портфелем ценных бумаг лежит создание новых математических моделей и финансовых инструментов как цель деятельности финансового инженера. В качестве теоретической базы финансового инжиниринга рассматриваются модели оценки капитальных активов (CAPM), арбитражного ценообразования (APT), модели оценки отдельных инструментов (например, модель Блэка – Шоулза) и др. Две основные цели управления портфелем: получение прибыли и



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

диверсификация рисков. Диверсификация рисков преследует цели стабилизации рисков и правильного управления ими.

2. Выдвигается тезис о том, что в современных условиях при управлении портфелем речь идет уже не о направлении движения цен, а о степени их колебания. Управление происходит на уровне корреляции (т.е. воздействие движения цен на один актив с учетом цен на другие активы).

3. Основой методологии управления портфелем являются математическое моделирование и системный подход.

4. Контроль рисков при управлении портфелем осуществляется на 2 уровнях: внутренний контроль и внешний.

Актуальность выбранной авторами темы исследования связана с нестабильным состоянием международных финансовых рынков, неполнотой исследований в данной области и открывающимися возможностями для использования методов финансового инжиниринга в российской экономике.

**ЛИТЕРАТУРА**

1.Воробьева З.А. Финансовый инжиниринг на рынке корпоративных бумаг: Дис. … канд. экон. наук / Финансовая академия при Правительстве РФ. М., 2004. 305 с.

2.Воробьева З.А. Финансовый инжиниринг на рынке государственных и муниципальных облигаций: возможности и риски // Журнал «Рынок ценных бумаг». 2005. 4 с.

3.Капелинский Ю.И. Финансовый инжиниринг с использованием ценных бумаг: Дисс. … канд. экон. наук / Финансовая академия при Правительстве РФ. М., 1998. 125 с.

## ОСНОВЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ЭКЗОТИЧЕСКИХ ОПЦИОНОВ

***В.А. Ефремов, аспирант***

*г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, efremov@ms.tusur.ru*

Распространение финансовых инноваций связано со стремительным развитием рынков производных ценных бумаг. Производные финансовые продукты-инструменты основываются на фундаментальных финансовых отношениях (кредите, займе, акции, облигации и т.п.), дополняют и развивают их. Данный рынок характеризуется не только ростом количественных параметров, но и модификацией качественных характеристик [1].



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Производные ценные бумаги являются наиболее гибкими инструментами на финансовом рынке, поскольку позволяют участникам рынка более эффективно реагировать на происходящие перемены. Сделки с производными инструментами заключаются как на биржевом, так и на внебиржевом рынке. Конкуренция биржевого и внебиржевого секторов послужила дополнительным стимулом к развитию рынка производных финансовых инструментов.

Внебиржевой рынок стал приобретать все возрастающее влияние начиная с 1980-х годов и в настоящее время по объему превзошел биржевой. На внебиржевом рынке опционов котируется большое количество активов. Наиболее крупными стали внебиржевые рынки иностранных валют и процентных ставок. Финансовые организации, работающие на внебиржевом рынке, часто подбирают ценные бумаги так, чтобы наиболее полно удовлетворить требования клиентов. Для этого выбирают нестандартные даты исполнения, цены исполнения и размеры контрактов. В других ситуациях они предлагают опционы, структура которых отличается от обычной структуры опционов «колл» и «пут». Такие опционы называются экзотическими (exotic options).

Экзотические инструменты появились по многим причинам. Иногда они используются исключительно для хеджирования, иногда − для преодоления затруднений, вызванных налоговыми, бухгалтерскими, юридическими или управленческими проблемами. В одних ситуациях эти инструменты разрабатываются в соответствии с точкой зрения финансиста компании на будущее изменение определенного рыночного показателя, а в других − они изобретаются инвестиционными банками, стремящимися повысить свою привлекательность [2].

По сути, экзотическими называются любые опционы, которые не являются стандартными (ванильными). Например, это могут быть бинарные (binary), барьерные (barrier), азиатские (asian), выборные (chooser), русские (russian), сложные (compound) и многие другие инструменты. При этом выделяют path-depend (выплата зависит от ценового пути) и non path-dependent опционы (выплата зависит только от базового актива в дату исполнения). Азиатский опцион – пример path-dependent инструмента, выплата по которому определяется по формуле

$$S = \max(\overline{S} - S_{avg}; 0),$$

где $\overline{S}$ − цена базового актива на дату истечения; $S_{avg}$ − средняя цена базового актива в течение жизни опциона.

В основе любой модели ценообразования опционов лежит модель цены базисного актива. Как правило, это винеровский стохастический процесс, который предполагает непрерывность изменения случайной величины в соответствии с логарифмически нормальным распределе-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

нием. Для оценки стоимости опциона применяется модель в виде скалярного дифференциального уравнения с мультипликативным шумом и постоянными коэффициентами роста $\mu$ и волатильности $\sigma$:

$$dS = \mu S_t dt + \sigma\sqrt{S_t}\, dW ,$$

где $S_t$ – цена базисного актива опциона в момент времени $t$; $dS$ – приращение цены базисного актива за малый промежуток времени $dt$; $dW$ – приращение стандартного винеровского процесса.

Примером решения данного уравнения является формула стоимости опциона, являющаяся модификацией формулы Блэка–Шоулза для оценки стоимости Европейского колл-опциона:

$$C = SN(d_1) - Er_f^{-T} N(d_2);$$

при $d_1 = \dfrac{\ln\dfrac{S}{E} + (r_f + \dfrac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}$ – для непрерывного и $d_1 = \dfrac{\ln\dfrac{S}{E} + (\ln r_f + \dfrac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}$ – для дискретного дисконтирования; $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$, где $C$ – цена опциона колл; $S$ – текущий курс базиса; $E$ – цена исполнения при покупке акции; $T$ – срок опциона в годах; $r_f$ – безрисковая процентная ставка в год; $\sigma$ – стандартное отклонение значений доходности акции за период в расчете на год; $N(d)$ – кумулятивное стандартное нормальное распределение вероятностей; $d_1$ и $d_2$ – стандартизованные нормальные переменные [3, 4].

В заключение хотелось бы отметить, что модели ценообразования экзотических опционов основываются на классических моделях Блэка–Шоулза, Монте-Карло и др., применяемых в ванильных опционах с использованием специфических характеристик данного финансового продукта. Научные исследования экзотических опционов полностью базируются на той идее, что гибкость имеет определенную стоимость. С точки зрения теории жизненного цикла методика ценообразования опционов находится в данный момент на этапе бурного роста. Все большее количество компаний применяет ее не только для того, чтобы учесть стоимость гибкости в своих инвестиционных проектах, но и для формирования стратегии своего развития в виде портфеля опционов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Воробьева З.А. Финансовый инжиниринг на рынке корпоративных бумаг: дисс. канд. экон. наук / Финансовая академия при Правительстве РФ. М., 2004. 305 с.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

2. Халл Д.К. Опционы, фьючерсы и другие производные финансовые инструменты. М.: Вильямс, 2007. 1056 с.
3. Фельдман А.Б. Производные финансовые и товарные инструменты. М.: Экономика, 2008. 486 с.
4. Cuthbertson K., Nitzsche D. Financial Engineering: Derivatives and Risk Management. N.Y.: John Wiley & Sons, 2001. P. 40–45.
5. Натенберг Ш. Опционы: волатильность и оценка стоимости. Стратегии и методы опционной торговли. М.: Альпина, 2007. 544 с.
6. Суетин А.А. Рынок производных финансовых инструментов // Бизнес и банки. 2007. № 7. С. 45−49.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

***А.М. Гудов, доцент; Е.Д. Пфайф, студентка 5-го курса***
*г. Кемерово, КемГУ, каф. UNESCO по НИТ, trojana@mail.ru*

Для любого образовательного учреждения остро стоит вопрос о дифференцированной оценке качества выполнения административными работниками своих должностных функций. Если задачи, связанные с оценкой труда преподавателей, уже как-то проработаны, то система измерений и оценок исполнительских функций пока недостаточно разработана [1].

Решение вопроса осложняется в том случае, когда такую оценку необходимо максимально «автоматизировать» для того, чтобы эффективно использовать статистические данные, получаемые с помощью какой-нибудь информационной системы управления или, например, системы электронного документооборота (СЭД).

В данной работе предлагается математическая модель автоматизированной системы оценки исполнительской деятельности, специально разработанная для использования в подсистеме учета поручений СЭД, внедренной в Кемеровском государственном университете.

Заметим, что для любой СЭД (системы, широко представленные на российском рынке) поручение может иметь следующие атрибуты:

– Заданное время выполнения поручения и реальное время выполнения поручения.

– Источник инициирования поручения.

– Уровень агрегированности поручения, т.е. наличие зависимых поручений, на которые будет декомпозироваться данное поручение.

– Тип (наименование) документа, к которому прикреплено поручение.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

– Уровень иерархии исполнителя для каждого исходного или декомпозированного поручения.

Для этих характеристик можно определить формальные связи и получить параметры элемента «поручение». Исходя из принципов декомпозиции, количественная оценка каждого из параметров лежит в интервале от 0 до 1.

Для получения итоговой оценки исполнительской деятельности определены следующие параметры.

**Точность в сроках выполнения (Acc).** Так как значения всех параметров лежат в диапазоне от 0 до 1, то в качестве медианы оценки выбрано значение 0,5. Такую оценку получает исполнитель, выполнивший поручение точно в срок. Если исполнитель выполнил поручение раньше срока, то значение параметра будет больше медианы на соответствующую пропорциональную величину. Если поручение выполнено позже намеченного срока, то значение параметра будет соответственно пропорционально меньше медианы. Если поручение не выполнено, то с помощью данной оценки подсчитывается ущерб, который был нанесен организации, величина которого пропорциональна сроку выполнения поручения.

***Уровень агрегированности поручения (A).*** Параметр зависит от количества уровней, на которые декомпозировано поручение, и от уровня иерархии исполнителя, на котором находится данное поручение. Параметр рассчитывается таким образом, что если поручение выполнено, то наибольшую оценку получает непосредственный исполнитель поручения. Если поручение не выполнено, то наибольшую ответственность несет руководитель – он получит наибольшую штрафную оценку.

– *Приоритет (K).* Это агрегированный параметр, зависящий от уровня инновационности и источника инициирования. Уровень инновационности зависит от типа документа, к которому прикреплено поручение, и от коэффициента инновационности (количество выполненных подобных поручений).

– *Параметры исполнителя (Rs).* Комплексный параметр, состоящий из квалификации и динамических параметров исполнителя. Квалификация зависит от уровня образования исполнителя, его стажа и возраста. Динамические параметры труда исполнителя, такие как «стабильность выполнения поручений», «напряженность труда», «загруженность», «загруженность текущая», характеризуют исполнительскую деятельность на протяжении какого-либо промежутка времени.

Итоговая оценка получается путем суммы взвешенных значений описанных параметров:

$$W = q_1 A + q_2 Acc + q_3 Rs + q_4 K .$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Весовые коэффициенты $q_1$, $q_2$, $q_3$, $q_4$ рассчитываются с помощью нейронной сети, основанной на простом персептроне после обучения на тестовых данных.

Адекватность полученной модели была проверена на произвольном примере, рассчитанном по методу экспертных оценок [2].

Очевидно, что уровень исполнительской деятельности конкретного сотрудника в течение определенного периода времени можно оценить только в сравнении с аналогичной деятельностью других сотрудников. Будем называть этот уровень рейтингом.

Для расчета рейтинга использовались следующие подходы:

– расчет рейтинга без использования абсолютной оценки;

– расчет рейтинга с использованием абсолютной оценки;

– расчет рейтинга с использованием подхода, который рассматривает оценку как случайную величину.

На практике себя наилучшие результаты показал третий подход.

На основе описанной модели был реализован модуль вычисления оценки поручений и рейтинга сотрудников для СЭД, используемой в КемГУ.

Разработанный данный модуль может применяться во всех СЭД, в которых есть система учета поручений.

Модель специально разработана для использования в подсистеме учета поручений СЭД КемГУ. Оценка является прозрачной со стороны руководителя и исполнителя, оперативной и достоверной, инвариантной к типу и виду собственности организации, универсальной по отношению к особенностям руководителя и исполнителя.

Отличительными чертами предлагаемого подхода являются:

– подсчет оценки автоматический, не требует наличия экспертов;

– возможность добавления параметров, которые могут оцениваться экспертами;

– значения параметров непрерывны, вследствие чего достигаются большая точность и гибкость их числовой оценки;

– все основные параметры деятельности субъекта процесса исполнительской деятельности участвуют в оценке;

– наличие комплексных оценок, зависимых от нескольких характеристик;

– возможность управления рейтингом через систему коэффициентов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Друкер П.Ф. Эффективный управляющий. М.: СП «Бук Интернешнл», 1994. 149 с.

2. Ехлаков Ю.П. Методы и технологии документационного обеспечения управленческих решений. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2005. 176 с.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# МОДЕЛИРОВАНИЕ МУНИЦИПАЛЬНОГО ДОЛГА

***Н.А. Истомин, аспирант***
*г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, inick@sibmail.com*

При планировании трёхлетнего муниципального бюджета администрациям субъектов необходимо заранее определить плановые показатели, касающиеся привлечения, погашения и обслуживания долговых обязательств. В данном случае органы власти решают задачу финансового инжиниринга как процесса создания инструментов заимствования, удовлетворяющих специфическим интересам эмитента и кредитора (инвестора). Большинство выпускаемых муниципалитетами облигаций остаются «прямыми» (strait bond) или являются облигациями со снижающейся ставкой (step-down bond), что, в первую очередь, вызвано спецификой заемщика, а также необходимостью строгого соблюдения законодательных ограничений. Определенное распространение получили облигации с амортизацией суммы основного долга. Лишь немногими выпусками были предусмотрены плавающая ставка купонного дохода, досрочное погашение или установление ставки дохода после размещения [1].

При управлении долгом администрация обязана учитывать ограничения на объём и структуру долговых инструментов.

Среди ограничений, нарушение которых невозможно, выделяются ограничения, принятые на уровне федерального законодательства, закреплённые в Налоговом кодексе Российской Федерации, а также на уровне местного законодательства: закона об управлении муниципальным долгом, концепции управления долгом.

Особый интерес вызывают рыночные ограничения. Их нарушение влечет к невозможности рефинансировать долговые обязательства либо к увеличению стоимости их обслуживания. Среди таких ограничений можно выделить коэффициенты, рассчитываемые крупнейшими рейтинговыми агентствами Standard and Poors, Fitch и Moody's, а также коэффициенты, рассчитываемые риск-менеджерами институциональных инвесторов. Предельные значения отдельных показателей зависят от индивидуального уровня принятия рисков конкретным муниципальным образованием.

Проводя количественный анализ управления долгом муниципальных образований, рейтинговые агентства, как и институциональные инвесторы (в том числе банки-кредиторы), оценивают следующие основные (с точки зрения управления долгом) типы рисков [2]:

– риск рефинансирования;
– процентный риск;
– риск ликвидности.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Остановимся более подробно на наиболее значимых для муниципального образования с точки зрения управления долгом рисках.

**Риск рефинансирования**

Риск рефинансирования возникает в случае невозможности погашения долговых обязательств из собственных источников. В этом случае возникает необходимость рефинансирования ранее принятых долговых обязательств. Факторами, оказывающими основное влияние на уровень риска рефинансирования, являются доля краткосрочных обязательств, отсутствие пиковых нагрузок на муниципальный бюджет, связанных с погашением долговых обязательств, а также наличие надёжных источников средств для рефинансирования.

**Процентный риск**

Основным компонентом процентного риска является степень подверженности долгового портфеля опасности потерь, связанных с движениями процентных ставок [2]. Снижение данного риска достигается посредством диверсификации структуры долговых обязательств по срочности и видам инструментов, а также наличием механизмов контроля за ситуацией на рынке и оперативного реагирования на изменения процентных ставок.

**Риск ликвидности**

Важнейшим условием своевременного обслуживания и погашения долговых обязательств в краткосрочной перспективе является достаточность ликвидных активов и денежных потоков [2]. При консервативной политике управления долгом, в случае необходимости рефинансирования обязательств, финансовые органы администрации должны иметь надёжные инструменты привлечения заимствований задолго до периода погашения долговых обязательств.

В целях решения задачи управления рисками при управлении муниципальным долгом была разработана автоматизированная система, позволяющая моделировать муниципальные долговые обязательства и контролировать влияние изменений муниципального долга на уровень описанных выше рисков.

Автоматизированная система позволяет подобрать такое сочетание долговых инструментов, которое позволит удерживать риски рефинансирования и процентные риски на определённом администрацией муниципального образования уровне.

Результаты применения автоматизированной системы представлены на рис. 1.

Выбор долговых инструментов, осуществлённый в результате моделирования муниципального долга, несмотря на увеличение объёма муниципального долга, позволяет снизить риск рефинансирования и процентный риск.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

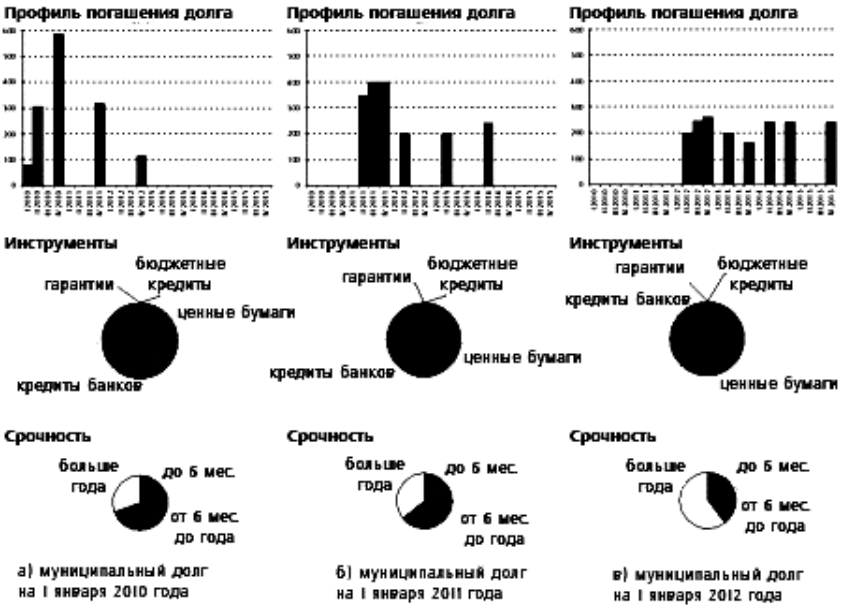



Рис. 1. Результаты моделирования

Риск рефинансирования снижен за счёт уменьшения пиковых нагрузок на бюджет, связанных с рефинансированием ранее принятых обязательств с 600 млн руб. в квартал на 1 января 2010 г. (рис. 1, *а*) до 270 млн руб. в квартал на 1 января 2012 г. (рис. 1, *в*). Оба риска снижены также за счёт уменьшения доли краткосрочных обязательств с 69 до 39%.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Воробьёва З. Финансовый инжиниринг на рынке государственных и муниципальных облигаций: возможности и риски // Рынок ценных бумаг. 2005. № 9. С. 76–80.

2. Качанов П., Дмитриевич П. Критерии присвоения рейтингов региональным и местным органам власти из разных стран мира: все аспекты от «А» до «Я». Режим доступа http://www.standardandpoors.ru/article.php?pubid=3797&sec=mt



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ «КАК ЕСТЬ» И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ К ПРИЛОЖЕНИЮ «КРЕДИТ»*

***А.С. Харебина, студентка 4-го курса***
*г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, NastyaHarebina@mail.ru*

В ОАО «ТомскАгроИнвест» вся регистрация контрагентов и документации проходит через платформу «1С: Бухгалтерия». На платформе 1С установлено приложение «Кредит». Данное приложение дополняет функции платформы, часть информации содержится на платформе (например, информация о расчетном счете; процедуры отбора информации и пр.), а часть – на внедренном приложении.

На предыдущем этапе работы в рамках проекта ГПО были выявлены проблемы в функционировании приложения «Кредит», отсутствие комплексного представления о структуре данных. Появилась необходимость построения концептуальной модели внедренного приложения. Для построения такой модели была выбрана методология IDEF1X.

Таким образом, для приложения «Кредит» была построена концептуальная модель в IDEF1X (рис. 1), отражающая только внедренные процедуры. IDEF1X применяется для построения информационной модели, которая представляет структуру информации, необходимой для поддержки функций производственной системы.

Выбор данной методологии определяется рядом ее преимуществ.

IDEF1X – это методология семантического моделирования данных, т.е. трактовка данных в контексте их взаимосвязей с другими данными. Она разработана с учетом следующих требований [1]:

1. Поддерживает разработку концептуальных схем. Синтаксис IDEF1X поддерживает семантические конструкции, необходимые для разработки концептуальной схемы. Окончательная версия IDEF1X-модели обладает желаемыми характеристиками – непротиворечивостью, расширяемостью и адаптируемостью.

2. Обеспечивает ясный язык. IDEF1X имеет простую, ясную, непротиворечивую структуру и четкие семантические понятия. Синтаксис и семантика IDEF1X сравнительно легки для понимания, хотя и являются достаточно мощным средством.

3. Проста для изучения. Язык рассчитан на понимание и использование как профессиональными бизнесменами и системными аналитиками, так и администраторами данных и разработчиками баз дан-

* Выполнено в рамках проекта ГПО АОИ-0712 – Моделирование бизнес-процессов предприятий.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

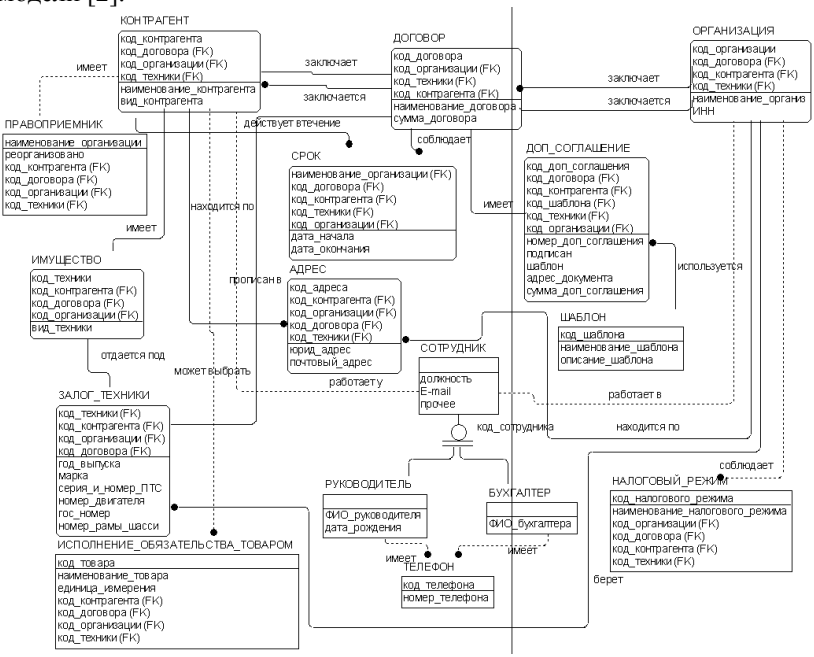
ных. Он может служить эффективным средством коммуникации в коллективах, состоящих из различных специалистов.

4. Надежно проверена на практике. IDEF1X базируется на многолетнем опыте предшествующих методологий и тщательно проверена как в проектах, так и в промышленности.

5. Возможность автоматизации. IDEF1X-диаграммы могут создаваться большим числом графических программных пакетов.

IDEF1X использует подход сущностей-отношений к семантическому моделированию данных. Кроме того, для улучшения графического представления и процедур моделирования IDEF1X-методология семантически обогащена введением отношений категоризации (называемых также отношениями обобщения).

Основным преимуществом IDEF1X, по сравнению с другими многочисленными методами разработки реляционных баз данных, является жесткая и строгая стандартизация моделирования. Установленные стандарты позволяют избежать различной трактовки построенной модели [2].




Концептуальная модель «Как есть» приложения «Кредит» (IDEF1X)

Целью моделирования данных является установление объективной картины основной инфраструктуры данных предприятия. Область



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

действия связана с деловой функцией (заключение договора между организацией и контрагентом). Целью данной модели является определение текущих данных, используемых для заключения договора и дополнительных соглашений между организацией и контрагентами о предоставлении кредита».

Для устранения проблем в функционировании приложения «Кредит» было разработано техническое задание для программиста. Построенная концептуальная модель «как есть» в IDEF1X поможет документировать приложение «Кредит»и работать над его развитием.

Результат проделанной работы позволит построить модель «Как должно быть» для нового процесса обеспечения сельхозтоваропроизводителей оборотными средствами на условиях коммерческого кредитования, разработанного другими участниками группы, и внедрить ее.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Жуковский О.И., Гриценко Ю.Б. Информационные технологии. Технология моделирования SADT. Методология IDEF1X: Метод. указания. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. 96 с.

2. Верников Г. Основы методологии IDEF1X [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.interface.ru/ca/idef1x.htm.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЯ ХЕРСТА ДЛЯ ПРОГНОЗА ФИНАНСОВЫХ РЯДОВ

***А.В. Кулькова, магистрант 2-го курса;***
***И.Г. Боровской, науч. рук., д.ф.-м.н., зав. каф. ЭМИС***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭМИС, alena-kulkova@sibmail.com*

Типичными представителями фрактальных временных рядов являются финансовые временные ряды [1]. Особую эффективность представляют методики, позволяющие спрогнозировать поведение текущего процесса, который отображается с помощью данных временных рядов. Целью данной работы является сравнительный анализ методик, использующих показатель Херста.

Свой эмпирический закон Херст открыл, занимаясь изучением реки Нил. Впоследствии оказалось, что многие другие природные явления хорошо описываются этим законом. Оказывается, временные последовательности измерений таких величин, как температура, сток рек, количество осадков, можно исследовать методом нормированного размаха, или методом Херста. Такие последовательности характеризуются показателем $H$ (показателем Херста).



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Временные последовательности, для которых $H$ больше 0,5, относятся к классу персистентных – сохраняющих имеющуюся тенденцию. Если приращения были положительными в течение некоторого времени в прошлом, то есть происходило увеличение, то и впредь в среднем будет происходить увеличение. Таким образом, для процесса с $H > 0,5$ тенденция к увеличению в прошлом означает тенденцию к увеличению в будущем. И наоборот, тенденция к уменьшению в прошлом означает, в среднем, продолжение уменьшения в будущем. Чем больше $H$, тем сильнее тенденция. При $H = 0,5$ никакой выраженной тенденции процесса не выявлено, и нет оснований считать, что она появится в будущем. Случай $H < 0,5$ характеризуется антиперсистентностью – рост в прошлом означает уменьшение в будущем, и чем меньше $H$, тем больше эта разница.

С помощью SerieSelect [3] был вычислен показатель Херста, по значениям которого можно судить о направлении тренда ряда. Ниже представлены три рисунка, иллюстрирующие изменение показателя в зависимости от анализируемого ряда. В качестве примера был выбран дневной ряд цен закрытия компании Microsoft в период с 14 апреля 1999 г. по 30 марта 2001 г.

На рис. 1 слева показан ценовой ряд, для которого проводится анализ. Справа представлен основной рабочий график, по которому рассчитывается показатель Херста.

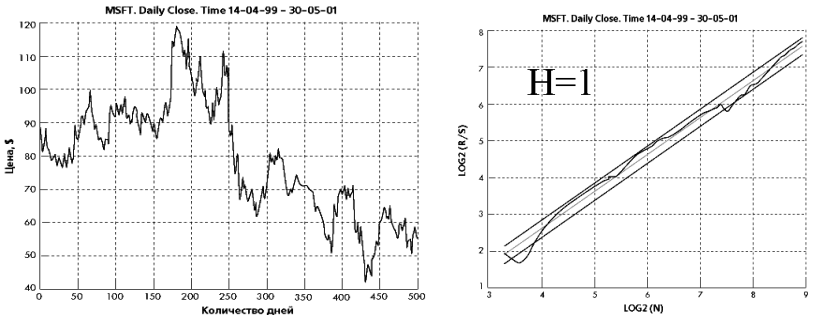



Рис. 1. Дневная цена (слева) и расчёт показателя Херста (справа)

В данном случае значение показателя $H$ равно 1, что говорит о высокой вероятности сохранения текущего тренда. Для сравнения на рис. 2 произведён расчёт показателя $H$ для ряда дневных доходностей за тот же период.

Для этого ряда значение показателя $H$ порядка 0,5, что свидетельствует об отсутствии трендовой составляющей и сохранении этой тенденции в дальнейшем. Что касается временных рядов со



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

значениями $H$ существенно меньше 0,5, то в финансовой сфере такие ряды встречаются крайне редко. Однако временной ряд, составленный из приращений доходностей, демонстрирует именно такое поведение, хотя по внешнему виду он мало чем отличается от ряда доходностей (рис. 3). Значение $H$ равно 0,32, что говорит о высокой вероятности изменения текущей тенденции [2].

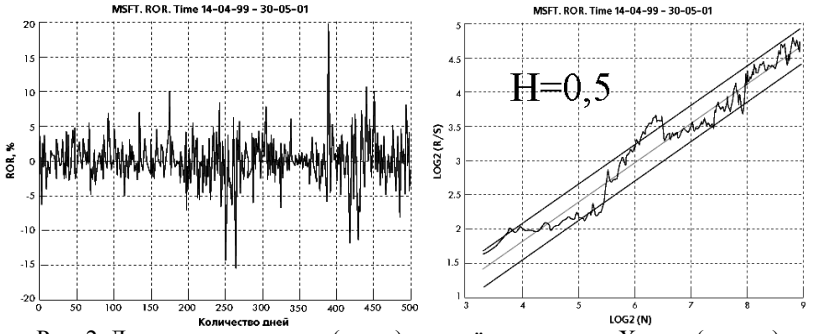



Рис. 2. Дневные доходности (слева) и расчёт показателя Херста (справа)

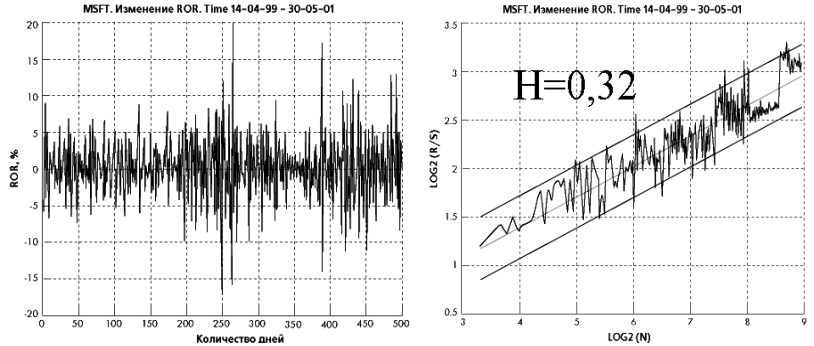



Рис. 3. Изменение доходности (слева) и расчёт показателя Херста

Кроме того, следует отметить, что для надежного вычисления показателя Херста требуется большой объем данных (~$10^3$), что слишком много по сравнению с продолжительностью торгуемых трендов. Авторами [1] вводится новая фрактальная характеристика – индекс вариации ($m$), тесно связанного с обычной фрактальной размерностью. В отличие от показателя Херста, для определения индекса вариации требуется данных на два порядка меньше. Таким образом, при использовании данного индикатора были получены следующие выводы: значение индикатора ниже 0,5 означает трендовое состояние рынка;



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Рис. 4. Индекс вариации

экстремально низкое значение часто предшествует концу (коррекции) текущего тренда; значение индикатора выше 0,5 означает флэтовое состояние рынка; экстремально высокое значение часто предшествует началу значительных трендов; значение индикатора в районе 0,5 означает неопределенное состояние рынка [1].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Дубовиков М.М. Размерность минимального покрытия и локальный анализ фрактальных временных рядов. М., 2004.

2. http://www.e-mastertrade.ru/ru/main/index/id29.asp

3. Bo Qian, Khaled Rasheed. HURST EXPONENT AND FINANCIAL MARKET PREDICTABILITY, 2006.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ ПОЛИНОМНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ РЯДОВ*

***В.О. Потехина, студентка 4-го курса***

*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭМИС, emis427@mail.ru*

Задачей исследования является оценка применимости адаптивной полиномной аппроксимации для исследования поведения ценовых рядов на примере рынка Forex.

* Выполнено в рамках проекта ГПО ЭМИС-0801 – Прогностические модели в экономике.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Если исходить из предположения о некоторой инерционности рынка, причем под инерционностью будем понимать сохранение движения ценовых показателей в предшествующем направлении, то можно считать, что мгновенного разворота или мгновенной смены восходящей или нисходящей тенденций не происходит. Это дает возможность использования полиномной аппроксимации для прогнозирования на n временных интервалов вперед.

Целью работы было определение наилучшей дробной степени аппроксимации при условии минимального расхождения прогнозируемого и истинного значения цены.

На начальном этапе работы была исследована многомерная регрессия с целыми постоянными степенями. Было установлено, что данная регрессия недостаточно качественно описывает изменения цены, в связи с чем было предложено использовать дробную степень для аппроксимации.

Берется дробный показатель степени для непрерывного описания полинома от нулевой до третьей степени. Это дает возможность, проводя аппроксимацию фрагмента временного ряда, подбирать степень, которая наилучшим образом аппроксимирует данные при наименьшем среднеквадратичном отклонении.

Задавая интервал аппроксимации и интервалы прогнозирования вперед, было проведено исследование временных рядов на примере валютных пар GBPJPY и USDJPY для разных таймфреймов.

Был разработан программный модуль на языке MetaQuotes Language 4 для расчета отклонения полиномной аппроксимации от истинных значений цены.

При исследовании прогонялась вся доступная история и на каждом интервале рассчитывалось отклонение. Все отклонения были собраны в таблицу и отсортированы по возрастанию. Затем был задан предельный уровень отклонения E, который в безразмерном виде показан на графике и соответствует линии y=1.

Для валютной пары USDJPY на таймфрейме M15 точность прогноза составляет 0,99 при прогнозировании на 1 интервал (рис. 1, линия *1*), т.е. в 99% всех случаев результат является положительным при заданном уровне точности, и 0,89 при прогнозировании на 5 интервалов (рис. 1, линия *3*). Для той же валютной пары, но на таймфрейме H1 точность около 0,93 при прогнозировании на 1 интервал и 0,48 – на 5 интервалов.

Для валютной пары GBPJPY на таймфрейме M15 точность прогноза составляет 0,82 при прогнозировании на 1 интервал и 0,38 при прогнозировании на 5 интервалов. Для той же валютной пары, но на таймфрейме H1, точность около 0,58 при прогнозировании на 1 интервал и 0,18 – на 5 интервалов.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

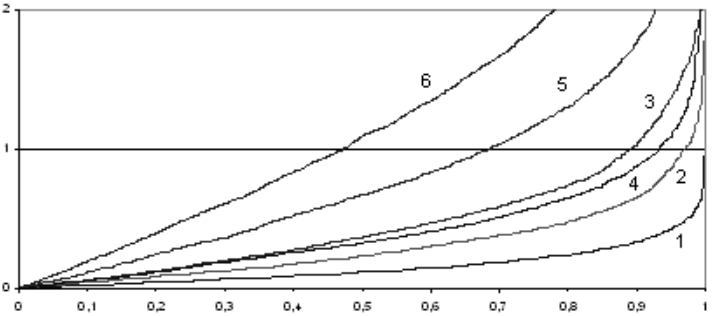


Рис. 1. Валютная пара USDJPY, таймфрейм M15

Для малых таймфреймов результат прогнозирования существенно лучше, чем для больших таймфреймов, причем при увеличении глубины прогнозирования результат ухудшается.

Также был проведен анализ для сравнения прогностических возможностей адаптивной полиномной аппроксимации (рис. 1, линии *1–3*) и аппроксимации с помощью линейной регрессии (рис. 1, линии *4–6*). Адаптивная полиномная аппроксимация дает результат выше в среднем на 30%.

В данной работе предпринята попытка определения прогностических свойств адаптивной полиномной аппроксимации применительно к валютному рынку.

Каждый рынок специфичен, он обладает своими свойствами, существуют быстроменяющиеся рынки, а есть плавно меняющиеся. Направлением дальнейших исследований является определение влияния волатильности рынка на точность полиномного прогнозирования.

**ЛИТЕРАТУРА**

a. http://fxclub.tomsk.ru/

## МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ*

***Т.И. Санец, В.А. Раевская, студентки***
*г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, tatka19@sibmail.com*

В обиход многих российских компаний прочно входят такие понятия, как моделирование структуры и бизнес-процессов, бизнес-

* Выполнено в рамках инновационного проекта ГПО АОИ-0712 Моделирование бизнес-процессов предприятий.



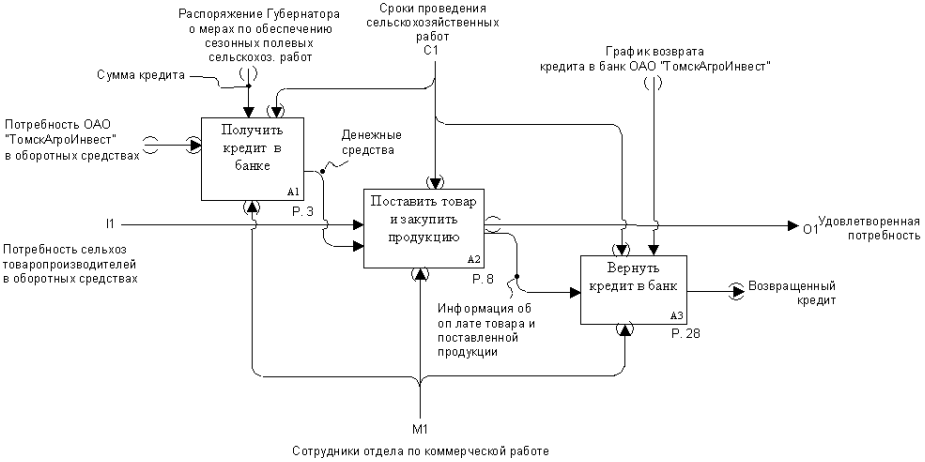
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

инжиниринг, реинжиниринг бизнес-процессов. Растет интерес и к общей концепции бизнес-моделирования. Одной из основных целей бизнес-моделирования является решение насущной для российских компаний задачи анализа и совершенствования организации деятельности.

Зачастую компаниям, приступившим к формированию процессов в организации, не на что опереться, потому что существующая литература носит теоретический характер, тем более описывается опыт западных стран, который трудно реализовать в российской действительности.

В рамках проекта «Моделирование бизнес-процессов предприятий» были построены модель существующего бизнес-процесса, обеспечения сельхозтоваропроизводителей оборотными средствами на условиях коммерческого кредитования в ОАО «ТомскАгроИнвест» и модели типовых бизнес-процессов. Для построения моделей бизнес-процессов была использована методология IDEF0.

Модель «Как есть» представлена на рисунке.




Модель «Как есть»

К типовым процессам, встречающимся в ОАО «ТомскАгроИнвест», относятся:

- Заключение договоров. Процесс состоит из 4 функций: «Создать проект договора», «Завизировать договор в отделах организации», «Подписать договор у директора организации», «Передать договор на подпись контрагенту».
- Оценка недвижимого имущества. Данный процесс состоит из трех функций: «Определить проблемы», «Предварительно продемонстрировать объект и заключить договор на оценку», «Согласовать отчет об оценке».



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

• Контроль за исполнением обязательств по договору. Он состоит из пяти функций: «Провести анализ исполнения договора», «Информировать контрагента о необходимости исполнения договора», «Выставить платежное требование», «Принять решение об обращении в суд», «Взыскать задолженность в судебном порядке».

• Осуществление платежей (по счету, по счет-фактуре, по договору). Осуществление платежей бывает двух видов: предоплата и оплата по факту. Предоплата осуществляется либо по счету, либо по договору. Оплата по факту на основании счета, счет-фактуры или договора.

Данные процессы были рассмотрены с точки зрения владельцев процессов, потому что в них рассматриваются все составные части процесса.

Назначение данного проекта заключается в изучении методологии реинжиниринга бизнес-процессов. Целью проекта является реинжиниринг бизнес-процессов предприятия на примере ОАО «ТомскАгроИнвест».

Результат проделанной работы позволит построить модель «Как должно быть» процесса обеспечение сельхозтоваропроизводителей оборотными средствами на условиях коммерческого кредита и внедрить ее, а также модели типовых бизнес-процессов в ряд организаций.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: РИА «Стандарты и качество», 2004.

2. Черемных С.В., Семенов И.О., Ручкин В.С. Структурный анализ систем: IDEF-технологии. М.: Финансы и статистика, 2001.

4. Силич В.А., Силич М.П. Реинжиниринг бизнес-процессов: Учеб. пособие. Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2006. 199 с.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕНЧУРНЫХ ПРОЕКТОВ

***Е.А. Серкина, студентка 5-го курса;***
***А.А. Мицель, науч. рук., д.т.н., проф.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, lenatus88@mail.ru*

В настоящее время переход России на инновационный путь развития является предметом дискуссий как на уровне исполнительной и законодательной власти, так и среди экспертов, аналитиков, предпринимателей. Это происходит на фоне проведения политики государственно-частного партнерства: введение налоговых льгот, создание осо-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

бых экономических зон, технопарков, инвестиционных фондов. Все это должно способствовать активному развитию малого инновационного сектора страны [3].

В настоящее время венчурные фонды, венчурные инвесторы предъявляют ряд требований к проектам, претендующим на получение инвестиций. Эти требования касаются высокой точности финансово-экономических показателей проекта, бизнес-модели проекта, точности обоснования эффективности инвестиций и эффективности проекта.

К сожалению, программные продукты, используемые для оценки обычных инвестиционных проектов, не учитывают особенности венчурных проектов, в результате чего финансовые показатели проектов получаются неточными. Поэтому была поставлена задача создания информационной системы для оценки венчурных проектов, которая должна учитывать заданные доходность и риски венчурного инвестора, моделировать различные сценарии развития проекта.

Следует заметить, что развитие венчурного капитала в России в настоящее время – один из «горячих» вопросов экономической стратегии. Венчурное инвестирование – это реально действующий механизм финансирования инновационных проектов, особенно в условиях наличия значительных резервов созданных инвестиционных фондов.

В результате проведенной исследовательской работы был выполнен анализ существующих методик оценки венчурных проектов, создана финансово-экономическая модель регионального венчурного фонда. На основе проведенного анализа были выбраны наиболее оптимальные методики оценки венчурных проектов, которые будут использоваться в информационной системе.

**Финансово-экономическая модель венчурного фонда**

В процессе процедуры «сбора фондов» (fundraising) для того, чтобы инвесторы согласились предоставить commitments в создаваемый венчурный фонд, им часто требуется предоставить финансово-расчетную модель венчурного фонда. В ней должны быть отражены основные потоки от инвестора в фонд и от фонда к инвестору, и она должна отражать процесс диверсификации рисков и различный ход развития проинвестированных компаний [1].

Исходными параметрами примера финансовой модели являются следующие величины:

1) объем инвестиций (commitments);
2) срок деятельности фонда;
3) расходы на управление фондом (Management fee);
4) гарантированная прибыль инвесторов (Hurdle);
5) вознаграждение УК по результатам деятельности фонда (Carried interest).



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Разрабатываемая информационная система должна давать возможность моделировать развитие деятельности венчурного фонда, в том числе:

1) *Давать общую оценку эффективности венчурных инвестиций.*

На основе полученных объемов финансирования различных типов компаний «старт-апов» должна рассчитываться суммарная величина денежного потока венчурного фонда в течение всего срока работы фонда лет для всех инновационных проектов и эффективная норма доходности (IRR).

2) *Определять долю венчурного инвестора в профинансированной компании* [1].

Простейшей формулой для этой цели является выражение (1):

$$\frac{\text{Investment}}{\text{Investment}+\text{Value}_{\text{pre-money}}}=\frac{\text{Investment}}{\text{Value}_{\text{post-money}}}=\text{InvestorShare}\,, \qquad (1)$$

где Investment – оценка объема инвестиций в компанию; $\text{Value}_{\text{pre-money}}$ – pre-money стоимость компании; $\text{Value}_{\text{post-money}}$ – post-money стоимость компании; InvestorShare – доля инвестора.

3) *Определять прибыль венчурного фонда.*

Для каждой компании соответствующая ей прибыль S определяется из уравнения (2) [1]:

$$-I_0-\frac{I_1}{1+\text{Hurdle}}-\frac{I_3}{(1+\text{Hurdle})^3}+\frac{S}{(1+\text{Hurdle})^n}=0\,, \qquad (2)$$

где $I_0$ – объем инвестиций первого раунда; $I_1$ – объем инвестиций второго раунда через год после начала инвестирования; $I_3$ – объем инвестиций третьего раунда через три года после начала инвестирования, полученный путем применения критериев выбора оптимального распределения ресурсов; Hurdle – процентная ставка – гарантированная прибыль инвесторов; $n$ – срок работы фонда.

**Методы оценки венчурных проектов**

После построения модели венчурного фонда необходимо провести детальную оценку каждого финансируемого проекта. В качестве методов оценки, которые будут реализованы в информационной системы, были выбраны метод дисконтированного денежного потока и венчурный метод. Данные методы обладают рядом преимуществ, в том числе они дают достаточно точную оценку проекта, просты в использовании. Описание данных методов было приведено в [5].

На рис. 1 приведен пробный модуль для расчета стоимости компании с использованием выбранных методов.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

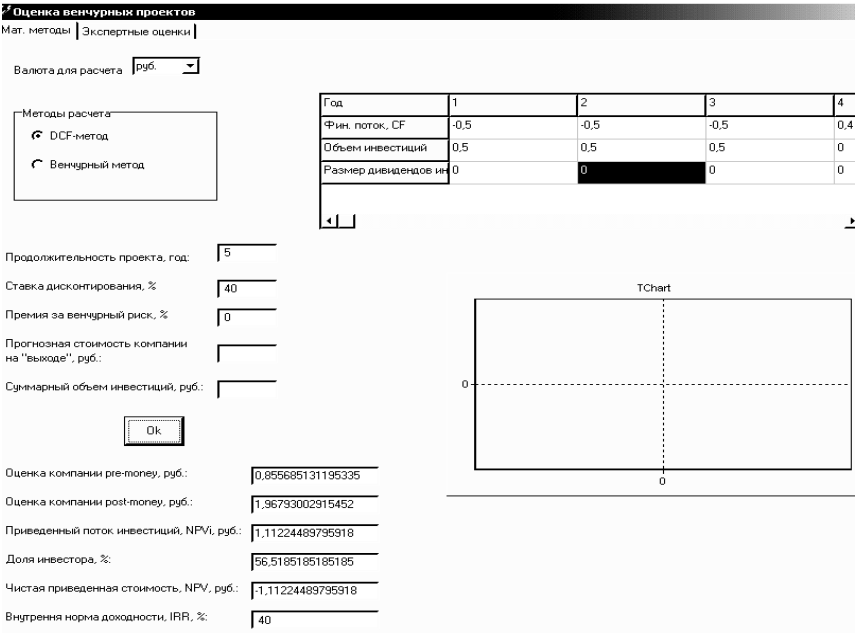



Рис. 1. Модуль оценки венчурных проектов

Также в качестве еще одного метода оценки была выбрана методика LIFT, основанная на экспертных данных, что позволит получить более широкую оценку проектов, основываясь не только на численных методах, но и на основе экспертных данных.

Методика LIFT (Linking Innovation, Finance and Technology) разработана в рамках 5-й рамочной программы Европейской Комиссии при участии корпорации INBIS (Великобритания) для определения степени коммерциализуемости инновационных технологий. Методика была апробирована на отборе проектов коммерциализации технологий в Томской, Новосибирской областях и Красноярском крае [4].

Методика строится по модульному принципу и состоит из разделов, позволяющих оценивать различные стороны инновационного проекта.

По результатам моделирования деятельности фонда и детальной оценки венчурных проектов информационная система должна выдавать отчет о полученных результатах оценки. На основе уже полученных данных венчурные инвесторы и управляющие венчурного фонда могут принимать решение о целесообразности финансирования оцениваемых венчурных проектов.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 2 приведена информационная модель разрабатываемой автоматизированной системы.

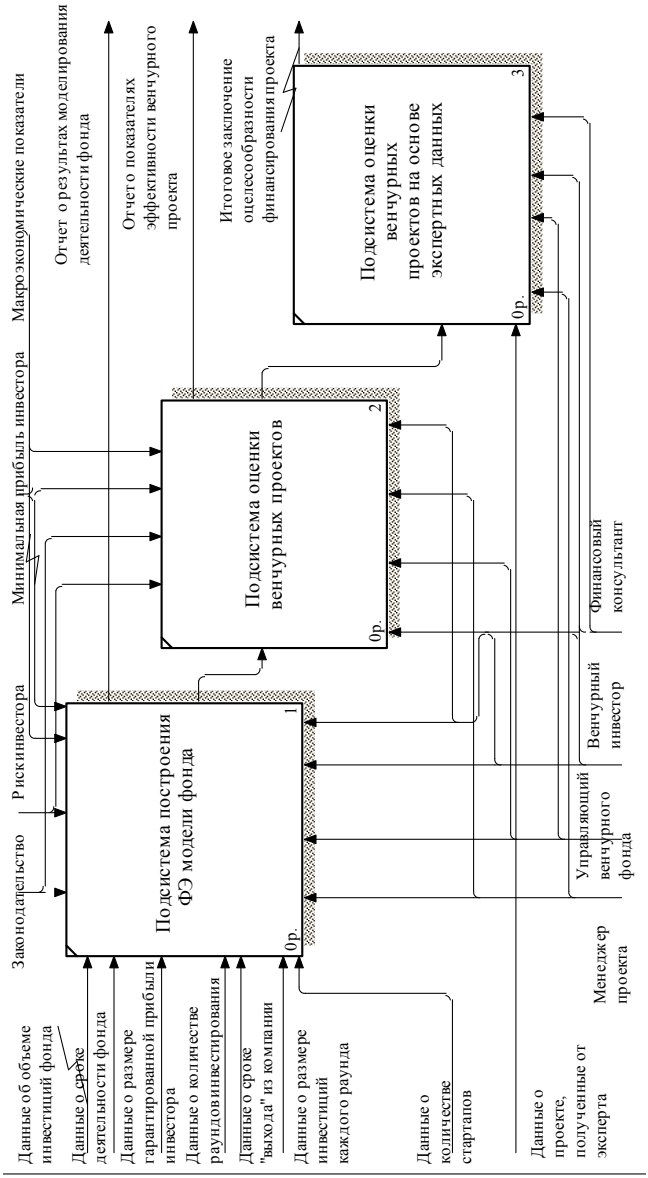



Рис. 2. SADT-модель уровня A0



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Таким образом, разрабатываемая автоматизированная информационная система должна решать следующие задачи:

1) построение модели венчурного фонда;

2) моделирование различных сценариев функционирования венчурного фонда в зависимости от развития финансируемых проектов;

3) расчет прибыли фонда и прибыли венчурного инвестора в конце существования венчурного фонда;

4) оценка венчурных проектов с помощью метода дисконтированного денежного потока и венчурного метода;

5) оценка венчурных проектов по методике LIFT;

6) расчет показателей эффективности венчурных проектов;

7) формирование итогового заключения о целесообразности финансирования оцениваемых проектов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Венчурный капитал и прямое инвестирование в России: Сб. статей и выступлений. СПб.: РАВИ, 2006.

2. Гулькин П.Г. Венчурные и прямые частные инвестиции в России: теория и десятилетие практики. СПб.: Альпари СПб., 2003.

3. Angel Investor. 2007. №5/05. Сент.–окт.

4. Квашнин А. Как провести экспертизу проекта коммерциализации технологии. М., 2006.

5. Серкина Е.А., Шушакова К.О. Проблема оценки венчурных проектов // Научная сессия ТУСУР-2009: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 12–15 мая 2009 г.: В 5 ч. Ч. 4. Томск: В-Спектр, 2009. 352 с.

## АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ ГАННА «КВАДРАТ ДЕВЯТИ» НА ПРИМЕРЕ ВАЛЮТНОГО РЫНКА

***А.Д. Сторчак, студентка 3-го курса;***
***И.Г. Боровской, науч. рук., д.ф.-м.н., зав. каф. ЭМИС***
*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭМИС, StorchakA@mail.ru*

В настоящей работе рассматривается применение «Квадрата Ганна» [1] для исследования финансовых рядов.

Цель данной работы – оценить прогностические возможности «Квадрата».

Идея модели заключается в том, что на центральную спираль накладываются все экстремальные точки изменения цен. После нанесения данных определяются характеристические линии, которые можно



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

заметить при спиралевидном построении. Ганн утверждал, что наиболее важные точки должны разместиться на «главном» и «порядковом» кресте.

Главный крест представляет собой пересечение вертикальной и горизонтальной линий, точкой пересечения которых является центр квадрата, порядковый – это пересечение диагоналей квадрата.

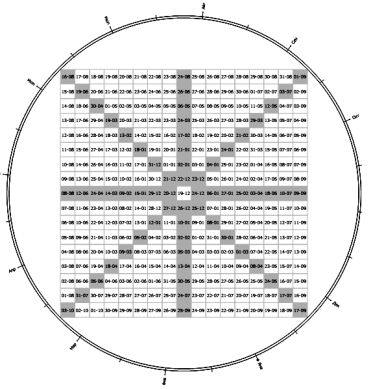


Рис. 1. «Квадрат девяти»

Построения по «Квадрату» проводились, используя данные об изменении котировок валютной пары EURUSD за последние четыре года. Исследования показали, что не все экстремальные легли строго на главный и порядковый кресты. В этой ситуации рассматривалась возможность подобрать такую фигуру, на оси которой поместилось бы большинство данных. Для этой цели наиболее подходит октаэдр. При перемещении центра и угла наклона фигуры было подобрано такое его положение, что наибольшее количество точек легли на оси фигуры и попали на главный и порядковый кресты.

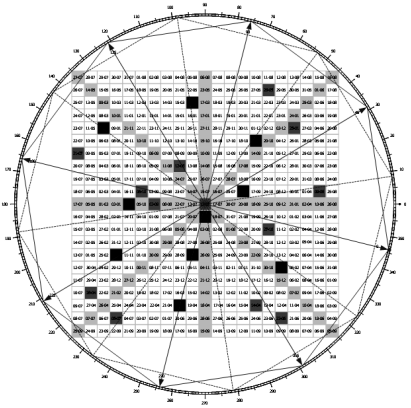


Рис. 2. «Квадрат девяти» с использованием фигуры октаэдр

На настоящем этапе не удалось, как это показывают классические работы Ганна, разместить характерные экстремальные точки изменения цены на главные диагонали. Это может объясняться изменением характера самого валютного рынка на современном этапе, в сравнении с его поведением во времена Ганна. Предметом дальнейших исследований является установление иных характеристических линий на «Квадрате Ганна», отличных от главного и порядкового крестов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Антонов В.Б. Тайны Ганна и его торговые инструменты. М., 2004.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

*СЕКЦИЯ 20*

# ЭКОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Председатель – **Карташев А.Г.**, д.б.н., профессор каф. РЭТЭМ;*
*зам. председателя – **Смолина Т.В.**, к.б.н., ст. преп. каф. РЭТЭМ*

## ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИИ НА СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

***М.С. Андреева, И.С. Баянова, Е.В. Клокова, студентки***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, Bayan@sibmail.com*

Перед современным обществом стоит большое количество социальных проблем. К числу таких проблем в первую очередь относятся алкоголизм, наркомания, преступность, состояние здоровья населения. По мере развития общества эти проблемы приобретают все больший масштаб. Так, по данным Роспотребнадзора, в Российской Федерации более 28 млн человек вовлечены в пьянство, число потребителей наркотиков составляет от 2 до 2,5 млн человек, или почти 2% населения страны. В 2007 г. смертность от причин, связанных с употреблением алкоголя, составила 75,2 тысячи человек, от злоупотребления наркотиками ежегодно умирает 30 тысяч человек [1]. Вместе с этим рост уровня преступности, числа заболеваний со смертельным исходом, таких как СПИД и вирусный гепатит, привел к тому, что в настоящее время в России наблюдается очень высокий уровень смертности трудоспособного населения. По сравнению с Евросоюзом этот уровень выше в 4,5 раза [2].

Одной из причин социальных проблем можно назвать ухудшение экологической обстановки в нашей среде обитания: загрязнениями атмосферы, воды и почвы, недоброкачественными продуктами питания, возрастанием шума.

Современный человек постоянно подвергается воздействию различных потенциально вредных факторов, в том числе различных химических веществ. Например, неорганические соединения ртути, кобальта, мышьяка, никеля, хрома и другие химические вещества приводят к возникновению бронхиальной астмы; тяжелые металлы приводят к возникновению таких заболеваний, как атеросклероз, гипертония, к поражениям костного мозга; радиоактивные металлы (уран, плутоний, цезий) – к онкологическим заболеваниям, ослаблению иммунитета, врожденным порокам [3].



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Помимо прямого воздействия на здоровье человека, неблагоприятная экологическая обстановка является причиной появления стресса. Стресс – это напряжение, которое возникает в организме человека под влиянием целого ряда неблагоприятных воздействий, называемых стресс-факторами. В числе стресс-факторов – неправильное питание, употребление экологически загрязненных продуктов, загрязненная водау, воздух; действие интенсивных электромагнитных и других геофизических и геохимических полей, радиационное излучение; физическое, умственное или психологическое переутомление, различные заболевания. Стресс проявляется в нарушении обмена веществ в организме, снижении возможностей иммунной системы. Доказано, что многие широко распространенные заболевания являются болезнями стресса. Это заболевания сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта, печени, почек, целый ряд гормональных расстройств (особенно поджелудочной и половой желез), некоторые формы психических нарушений, аллергические заболевания [4]. Психологи даже выделяют экологический стресс как особый вид стресса. К возникновению этого вида стресса приводят как сами неблагоприятные экологические факторы, так и ожидание отрицательного воздействия окружающей среды [5].

Также стресс оказывает непосредственное воздействие и на возникновение социальных проблем. Большое количество людей начинает употреблять алкоголь или наркотики, стремясь снизить психическую напряженность, заглушить чувство усталости, уйти от реальности с ее проблемами и переживаниями. Стресс приводит к возникновению социальной агрессии, ведущей к росту убийств и жертв ДТП; социальной апатии – состояние личности или социальной группы, характеризующееся полным безразличием, социальной и психологической пассивностью, полной или частичной утратой интереса к социальной действительности, равнодушие к происходящим в ней процессам и явлениям, ослабление интересов и побуждений к деятельности[6], приводящей к росту числа самоубийств.

Рост числа потребителей наркотиков и алкоголя также ведет к увеличению количества преступлений, так как большое количество преступлений совершено в состоянии алкогольного или наркотического опьянения.

Также стрессовые нагрузки являются причинами возникновения кризисных явлений в семье: нарушение ее структуры и функций, рост числа разводов и количества неполных семей, асоциальный образ жизни ряда семей; падение жизненного уровня, ухудшение условий содержания детей, нарастание психоэмоциональных перегрузок у взрослого населения, непосредственно отражающихся на детях; распро-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

странение жестокого обращения с детьми в семьях и интернатных учреждениях [7]. Часто дети, не выдерживая такого обращения, покидают дома и на улицах вовлекаются в употребление алкоголя, наркотиков, совершение преступлений.

Еще одной проблемой современной России является уровень мужской сверхсмертности. В России падение продолжительности жизни началось с 1966 г. и продолжается до настоящего времени. Таким образом, сокращение продолжительности жизни взрослых в России продолжается уже более 40 лет. За это время продолжительность жизни снизилась у мужчин на 8 лет, а у женщин – на 3 года. В России сложилась невиданная в мирное время разница в среднем возрасте наступления смерти между взрослыми мужчинами и женщинами – более 13 лет. Причем умирают преимущественно люди среднего возраста. Основные причины смертности в России кроются в социально-психологической сфере. По данным профессора И.А. Гундарова, из основных причин вымирания 73% – на стороне немедицинских факторов, о которых говорилось выше: социальная агрессия, социальная апатия и стрессовые нагрузки на население, приводящие к росту числа сердечно-сосудистых заболеваний. По сравнению с европейскими странами, от травм, ожогов и отравлений жители России умирают в 8 раз, от ДТП – в 4 раза, от убийств – в 30 раз, от самоубийств – в 7 раз чаще [8].

Все вышесказанное подтверждает связь социальных проблем современного общества с экологическим состоянием окружающей среды, а также демонстрирует очевидность необходимости учета этой связи при разработке путей решения социальных проблем и улучшения состояния общества.

**ЛИТЕРАТУРА**

3. www.znopr.ru
4. http://institutiones.com
5. http://medvuz.info
6. http://zdd.1september.ru
7. http://www.nostress.ru
8. http://mirslovarei.com
9. http://www.tspu.tula.ru
10. http://www.vob.ru



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПОЧВЕННУЮ МИКРОФАУНУ*

***А.Н. Дутова, студентка 4-го курса***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, alla-16-23-88@mail.ru*

Почвенные микроорганизмы – наиболее многочисленная и быстро реагирующая на любое изменение экологического равновесия группа почвенных представителей. Смена их поведения под действием различных факторов говорит об изменении в составе почвенного профиля.

Цель данной работы: изучение влияния промышленных предприятий на почвенную микрофауну в искусственных условиях.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что существует множество антропогенных влияний на литосферу: загрязнение нефтью, организация свалок, выбросы и сбросы промышленных предприятий, что негативно отражается не только на природном ландшафте, но и на обитателях этих мест, в частности, на почвенных микроорганизмах.

Промышленные предприятия являются источниками поступления в почву тяжелых металлов, которые негативно отражаются на росте и развитии почвенных простейших. Например, избыточное количество цинка и меди в отходах металлургической промышленности загрязняет почву и угнетающе действует на рост микроорганизмов, понижает ферментативную активность почв [1].

Были поставлены следующие задачи:

– Изучить методики выращивания микроорганизмов из почвы.

– Создать искусственное загрязнение почвы.

– Исследовать изменения, происходящие с почвенной микрофауной под воздействием загрязнения.

– Провести анализ полученных результатов.

Отбор почвенных образцов для исследования проводился в г. Томске. Образцы отбирались на разной глубине от 0 до 60 см.

Говоря об описании взятых образцов, можно отметить следующее:

1) цвет – черный или серый в зависимости от глубины;

2) механический состав разнообразен от песчаного до легкосуглинистого;

3) структура зернистая и комковатая;

4) степень связности почвы, или плотность, изменялась с глубиной.

* Выполнено в рамках проекта ГПО РЭТЭМ 0811 – «Мониторинг объектов техногенного воздействия».



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Для почвенных образцов был проведен анализ кислотности и влажности. Данные представлены в таблице.

**Значения влажности и кислотности почвенных образцов**

| № образца и его глубина | Значение влажности, % | Значение кислотности | |
|---|---|---|---|
| | | обменная | актуальная |
| № 1, 0 – 10 см | 48,7 | 6,48 | 6,3 |
| № 2, 10 – 20 см | 40,5 | 6,17 | 6,2 |
| № 3, 20 – 30 см | 23,8 | 6,62 | 6,1 |
| № 4, 30 – 40 см | 18,87 | 6,40 | 6,0 |
| № 5, 40 – 50 см | 8,89 | 7,04 | 6,1 |
| № 6, 50 – 60 см | 10,86 | 6,63 | 6,2 |

Из таблицы можно сделать следующие выводы:

- образцы с наибольшей влажностью характерны для поверхностных слоев почвы;
- кроме того, по полученным данным можно судить об уровне увлажнения почв. И мы видим, что в исследуемый период наблюдается средний уровень увлажнения. Влага поступает только в поверхностные слои из-за своего состава, нижние же слои остаются практически без поверхностного питания;
- значения кислотности образцов относятся к нейтральной среде и находятся в диапазоне [6,0–7,04].

После изучения методик выращивания микроорганизмов из почвы была выбрана следующая методика:

1. На первой стадии готовится почвенный экстракт. Для его приготовления необходимо взять 500 г плодородной почвы, залить 1,5 л водопроводной воды и автоклавировать при 1 атм 30 мин. Полученный экстракт фильтруем через бумажный фильтр, добавляем к горячему фильтрату 0,5 г $CaCO_3$, тщательно перемешиваем и через 5–7 мин фильтруем вновь. Затем добавляем 0,2 г $K_2HPO_4$ [2].

2. На следующем этапе готовится питательная среда для развития почвенных микроорганизмов. Наиболее подходящая для нас среда – мясной агар. Для его приготовления необходимо: 0,3–0,5 г мясного экстракта (пептон мясной), NaCl – 0,5 г, агар-агар питательный – 20 г, вода дистиллированная – 1 л. Среду разливаем по чашкам Петри, стерилизуем в течение 30 мин и заражаем исследуемой почвой [3].

3. Завершающий этап – чашки Петри со средой и почвенным экстрактом помещаем в термостат при температуре 20–25°С и ждем появления простейших через несколько дней.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Как только в чашках Петри появляются простейшие, приступаем к созданию искусственного загрязнения от промышленных предприятий.

В качестве загрязнителей используем нитраты тяжелых металлов (нитрат меди, кадмия, свинца, хрома и цинка), которые в виде растворов с различной концентрацией добавляем в каждую исследуемую пробу почвенных простейших. Изменения наблюдаются в микроскоп.

В ходе проведенного исследования были получены следующие результаты:

1. Внесение нитрата цинка угнетает развитие микроорганизмов.
2. Нитрат свинца также вызывает снижение роста и развития почвенных обитателей.
3. Нитраты кадмия, меди, хрома вызывают снижение численности микроорганизмов и вызывают замедленное движение простейших.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Несмелова Н.Н. Прикладная экология: Учеб. пособие. Томск: ТУСУР, 2007. 132 с.
2. Руководство к практическим занятиям по микробиологии: Учеб. пособие / Под ред. Н.С. Егорова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 1995. 224 с.
3. Большой практикум по микробиологии / Под. ред. Г.Л. Селибера. М.: Высшая школа, 1962. 491 с.

## ОЗЕЛЕНЕНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

***М.О. Ивакина, К.А. Кубяк***
*г. Томск, ТУСУР, user_217@sibmail.com*

Большая часть населения планеты живет в городах и городских поселениях. Высокая концентрация производственных, историко-культурных, селитебных и других объектов, проживание большого числа людей на достаточно малой площади приводят к формированию особой, урбанизированной среды. В процессе эволюционного перехода от природной среды к антропогенной организм человека подвергается воздействию изменяющихся факторов, таких как ландшафт, газовый состав воздуха, шумовой фон и т.д. Вследствие этого меняется не только физическая устойчивость человеческого организма, но и психологическая. Поэтому немаловажным аспектом проектирования городов является создание территорий, приближенных к естественным. Озеленение – один из основных путей достижения этой цели. Так как современный человек постоянно загружен повседневными делами, что часто лишает его возможности отдыха за пределами города, наличие



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

парков, скверов, аллей, садов, озелененных территорий жилых и промышленных районов, набережных помогает ему в решении этой проблемы. А обязательными требованиями к системе озеленения являются равномерность и непрерывность растительных посадок.

Зеленые насаждения являются неотъемлемым элементом архитектурного ландшафта любого города, выполняя, прежде всего, санитарно-гигиеническую и декоративно-планировочную функции. Растения очищают, увлажняют и обогащают воздух городов, снижают силу ветра, шума, изменяют радиационный и температурный режим, помогают в организации отдыха городского населения.

Способность растений синтезировать органические вещества из углекислого газа в процессе фотосинтеза – ценнейшее их свойство. Важно отметить, что 0,3 га леса позволяют обеспечить годовую потребность человека в кислороде. А кислород, выделяемый древесной растительностью, в свою очередь играет важную роль в поддержании газового баланса атмосферы.

Благодаря физико-механической способности листьев растений задерживать и осаждать пыль, они обладают важнейшей средоформирующей функцией. Кроме того, растения способны поглощать вредные выбросы предприятий и автотранспорта, резко снижая концентрацию примесей в атмосфере.

Необходимо учитывать способность растений влиять на температурный режим. В летний период зеленые массивы могут снижать температуру, предохраняя фасады зданий от разрушений, а тротуары от перегрева. Они способны снижать скорость ветра, влияя на ветровой режим и микроклимат города. Гигиенической особенностью зеленых насаждений является их способность снижать громкость шума: звуковая волна отражается поверхностью листвы и стволов деревьев, звук в процессе распространения поглощается и рассеивается зелеными насаждениями (звукопоглощение зависит от плотности посадок, расстояния, на котором происходит поглощение, конструкции и дендрологических насаждений).

Томск издавна славился как зеленый город Сибири, но вот на протяжении уже нескольких лет интенсивная застройка неуклонно ведет к снижению количества зеленых насаждений на территории города и его окрестностей. В настоящее время мерами по улучшению благоустройства города является расширение магистральных путей, которое также в свою очередь приводит к вырубке и без того малого количества зеленых насаждений. Такая ситуация имеет место на пл. Южной, Иркутском тракте, на подъездных путях к Академгородку. Сложившуюся ситуацию города Томска нельзя оставлять без внимания. Необходимо предпринимать меры как для сохранения ныне существующих



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

зеленых насаждений, так и для создания новых рекреационных территорий.

Из-за высокой степени застроенности города Томска невозможно создание новых парков и скверов, но приемлемо использование такого метода, как точечное озеленение – использование небольших по площади территорий между зданиями для посадки деревьев. Даже такие небольшие объемы насаждений способны выполнять функции зеленой зоны – эстетическую, почвозакрепительную, ветрозащитную (например, закрывать пространства аэродинамических «труб» между зданиями). Считаем полезным применение метода точечного озеленения на территории между университетскими (ТУСУР) корпусами ФЭТ и РКФ. Тем самым можно внести вклад в улучшение экологической ситуации города и улучшить качество жизни, прежде всего студенческой части населения города. Например, при высадке кустарниковой и кустарничковой растительности можно не только улучшить визуальное восприятие территории, в некоторой степени повысить качество воздуха, но также и принять участие в предотвращении оползневых процессов, являющихся одними из важнейших проблем в зоне Лагерного сада. Подбор растительности, подходящей условиям данной территории, позволит вести наблюдения за экологическим состоянием этой территории, а также за особенностями развития культивируемых растений и их приспосабливаемости к условиям среды, что будет весьма полезным материалом для исследований, проводимых студентами, обучающимися по экологичесой специальности.

## ЧТО МЫ ЗНАЕМ О БЖД

***Е.В. Кабаева, М.И. Толмачёв, А.А. Чебодаева, Б.П. Базарсадаева, студенты; С.А. Полякова, доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, judik_3@mail.ru*

В современных условиях развития общества решение проблем, связанных с обеспечением безопасности человека во всех сферах его деятельности, является актуальным. Это объясняется тем, что в последние годы в нашей стране и за рубежом происходит все больше чрезвычайных ситуаций различного характера, такие как аварии, катастрофы, несчастные случаи, опасные для здоровья и жизни человека, приводящие к разрушениям, потерям имущества, вызывающие смерть и ранения. Так, в 2008 г. количество погибших в результате несчастных случаев на производстве составило 3235 человек, а зарегистрированное количество пострадавших в результате несчастных случаев на



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

производстве в РФ – около 58357 человек [2]. Поэтому, чтобы умело и грамотно противостоять любым опасностям в чрезвычайных ситуациях, необходимо постоянно совершенствовать уровень специалистов, отвечающих за обеспечение безопасной жизнедеятельности человека.

Главной задачей курса «Безопасность жизнедеятельности» является формирование сознательного и ответственного отношения к вопросам собственной безопасности и безопасности окружающих, привитие основных правил поведения при возникновении опасности, способы защиты от них, оказание помощи, а также устранение последствий чрезвычайных ситуаций [1].

«Безопасность жизнедеятельности» (БЖД) как учебная дисциплина изучает теорию и практику защиты человека от опасных и вредных факторов (опасностей) во всех сферах его деятельности. Обычно предмет изучается в течение одного семестра. В курс включают от 36 лекционных часов и от 8 до 18 часов практических занятий.

Для определения уровня знаний населения по БЖД было проведено анкетирование студентов ТУСУРа первых и вторых курсов факультетов: ФЭТ, РКФ, РТФ, ГФ, ФВС, ФСУ. Результаты исследований показали, что понятие «безопасность жизнедеятельности» у возрастных групп 18–20 лет не конкретизировано. В основном оно опирается на школьный курс ОБЖ, в то время как дисциплина БЖД образована в результате слияния следующих предметов: «Гражданская оборона», «Охрана труда», «Начальная военная подготовка» и «Экология» [3].

Большинство опрашиваемых (78%) полагают, что БЖД должно обязательно опираться на знания медицины, химии, биологии, физики, математики, метрологии, экологии. Некоторые студенты утверждают, что также необходима связь с природоведением, психологией, социологией.

Важно, что 95% принимавших участие в анкетировании считают, что знание основ БЖД актуально в настоящее время и именно они способны уменьшить риск попадания в ЧС различного характера:

– бытового (утечка газа, отравления, ожоги, удары электрическим током и т.д.);

– производственного (пожары, утечки отравляющих веществ, производственные травмы и т.д.).

По мнению 60% опрашиваемых, они применяют свои знания для обеспечения безопасных условий своей жизни.

Особый интерес вызвал вопрос о желании изучения определенных тем БЖД на практических занятиях: поведение в чрезвычайных ситуациях – 16%, стресс и человек – 6%, правила техники безопасности при работе с электрооборудованием – 2,4%, поведение в криминогенной



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

обстановке – 2,4%, терроризм – 1,2%, влияние шума на организм человека – 1,2%.

Вопросы по оказанию первой помощи при несчастных случаях или ЧС в мирное время вызвали большие затруднения у отвечающих. Так, к сожалению, только 18% знают, что нужно предпринять при потере сознания человеком, при термическом ожоге, при утечке бытового газа, аммиака и т.д. То есть в ситуациях, которые могут возникнуть в любой момент, пострадавшему могут и не оказать первую помощь. А зачастую от своевременности правильных действий зависит жизнь человека (пострадавшего).

Мы считаем, что следует ввести общеобразовательный курс по БЖД на начальных этапах обучения (на этих курсах не читают БЖД), причем на общественных началах. В программу этих курсов обязательно включить: безопасность в быту, безопасность на улице и отдыхе, поведение в чрезвычайных ситуациях и т.д.

При довольно низком уровне знаний о дисциплине БЖД всего 10% студентов считают, что необходимо вводить курс для всех специальностей. Видимо, они понимают важность знаний правил поведения при различных ЧС.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Белов С.В., Сивков В.П. Безопасность жизнедеятельности. М.: изд-во Высшая школа, 2004. 304 с.

2. Internet: http://www.ohranatruda.ru/ – Информационный ресурс для инженеров по охране труда.

3. Ципилёва Т.А. БЖД. Учеб. пособие. Томск: Изд-во ТМЦДО, 2003. 223 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОЛЬНОГО ОСТАТКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

***Т.В. Ковальская, Е.В. Нуянзина, студентки 4-го курса***

*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, Lilyyy@sibmail.com*

Для большинства растений нефтезагрязненная почва является токсичной. Без проведения специальных агротехнических и агрохимических мероприятий, направленных на восстановление почвенной структуры, создание оптимальных условий увлажнения, аэрации, оптимального пищевого режима, посев растений не возможен. В то же время использование сельскохозяйственных культур является одним из наиболее эффективных приемов восстановления нефтезагрязненных земель [1, 2]. Растения обладают способностью в значительной степе-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ни активизировать почвенно-биологические процессы. Посев сельскохозяйственных трав на нефтезагрязненную почву приводит к формированию в почве микробно-растительного нефтеокисляющего сообщества, позволяющего увеличить численность углеводороддеградирующих микроорганизмов, что в свою очередь усиливает разложение труднодоступных полициклических ароматических углеводородов остаточной нефти. Одним из показателей качества рекультивации земель служит создание устойчивого травостоя.

Травянистые растения улучшают структуру, увеличивают воздухопроницаемость почв, поглощают мутагенные, канцерогенные и другие биологически опасные продукты распада нефти, препятствуют вымыванию из рекультивируемого слоя почвы элементов минерального питания. Корневые выделения и продукты разложения трав способствуют развитию многовидовой почвенной биоты, образующей высокоактивный саморегулирующийся «конвейер» деструкторов, обеспечивающих самоочищение и восстановление плодородия почв.

При проведении биологического этапа рекультивации рекомендуется высевать не менее 2–3 видов многолетних трав, различающихся по фитоценотическим особенностям, так как смешанные травостои лучше используют неоднородность восстанавливаемого участка. Выращенную массу трав не всегда можно использовать на корм. Ограниченным моментом сельскохозяйственному использованию урожая трав можно считать повышенное содержание в их биомассе канцерогенных соединений –3,4-бензпирен [3]. Контролем, свидетельствующим об окончании процесса рекультивации нефтезагрязненных земель, может служить, в том числе, и содержание в биомассе культур 3,4-бензпирена, которое не должно превышать предельно допустимых концентраций [4].

Для определения остатка тяжелых металлов в растениях необходимо провести опыт с зольным остатком.

Золой называется остаток, полученный после сжигания и прокаливания органического материала. Зола растений содержит в своем составе практически все элементы, входящие в их состав (за исключением азота, улетучивающегося в виде оксида при озолении). Для анализа предварительно высушенные растения озоляют, золу растворяют в соответствующем растворе, разбавляют водой, при необходимости нейтрализуют и фильтруют, после чего проводят качественный или количественный анализ. Обычно анализ начинают с наиболее простых качественных определений ($Ca_2$+, $Fe_3$+, $C_2O_4$, $PO_4$) из солянокислого раствора.

Многие растения содержат свинец в виде соединений, плохо переходящих в водную вытяжку. Солянокислые зольные вытяжки также



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

не пригодны для определения свинца, так как хлорид свинца – малорастворимое соединение и в солянокислый раствор практически не переходит. Поэтому для проведения качественного анализа готовят азотнокислую вытяжку [5].

При помощи этой методики мы сможем провести опыт и выяснить, сколько накопили тяжелых металлов в себе растения. Эти показания послужат для определения впитываемости растений тяжелых металлов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Назаров А.В. Микробно-растительное взаимодействие при нефтяном загрязнении дерново-подзолистых почв Южной тайги Предуралья. Автореф. дис. канд. биолог. наук. Пермь, 2000. 21 с.

2. Солнцева Н.П., Пиковский Ю.И., Никофорова Е.М. и др. Проблемы загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами: геохимия, экология, рекультивация // Докл. симпоз. VII делегатского съезда ВОП. Ташкент: Мехнат, 1985. 417 с.

3. Салангинас Л.А. Изменение свойств почв под воздействием нефти и разработка системы мер по их реабилитации. Екатеринбург, 2003. 411 с.

4. Марченко А.И., Соколов М.С. Фитомередиация почв, загрязненных нефтепродуктами: опыт Канады // Агро XXI. 2001. №1. 211 с.

5. Ашихимина Т.Я. Экологический мониторинг. Киров, 2005. 416 с.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ЛИДАРА

***Е.Н. Козлюкова, студентка 5-го курса;***
***А.И. Гришин, к.ф.-м.н., ст. науч. сотр.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, sajaya@sibmail.com,;*
*Институт оптики атмосферы СО РАН, aig@iao.ru*

В настоящее время все возрастающее значение приобретают люминесцентные методы, которые дают возможность проводить неинвазивный контроль за изменениями в клетке растения. Наиболее интересны дистанционные методы диагностики состояния растений, среди которых заметную роль играет лазерно-локационный способ зондирования [1–3].

Цель данной работы состояла в применении метода индуцированной лазером флуоресценции для исследования характеристик пигментного фонда фотосинтетического аппарата растений в естественных условиях.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Измерения проводились в естественных условиях в течение года с периодичностью 2 раза в неделю в вечернее время. В качестве объектов исследования были выбраны береза, осина и сосна обыкновенная в возрасте 25–45 лет, листья на кронах которых облучались лазерной установкой с расстояния 100 м.

Измерения проводили с использованием лидара, структурная схема которого приведена на рис. 1.

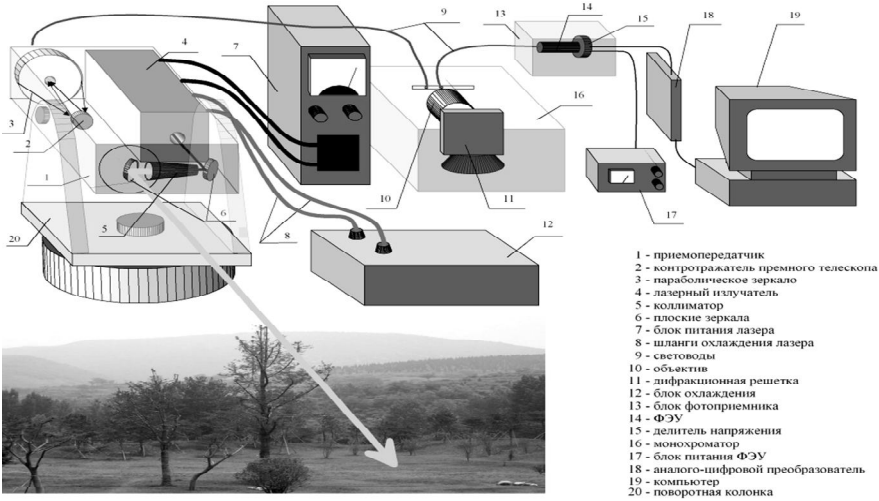



Рис. 1. Схема флуоресцентного лидара

Лазерный излучатель *4* генерирует световые импульсы, далее излучение направляется на исследуемый объект. Часть преобразованного и рассеянного излучения регистрируется приемными оптическими системами *2* и *3*, соответственно, из которых сигнал направляется в монохроматор *16*, где осуществляется спектральная селекция принимаемого излучения. Далее сигналы направляются на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП) *18*, запускаемого с выхода оптического датчика *14*. С выхода АЦП цифровой код сигналов передается на компьютер *19*, который осуществляет регистрацию, первичную статическую обработку и запись ее на диск.

Регистрируемые значения лидарных сигналов описываются известным уравнением лазерной локации, которое можно для флуоресцентного канала представить в следующем виде:

$$F(685) = F_0(532)\frac{532}{685}\frac{1-A(532)}{4\pi}\frac{S}{L^2}\varphi T(532)T(685), \qquad (1)$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

где $F_0$ – пиковая мощность лазерного импульса; $A$ – альбедо; $S$ – площадь приемного объектива; $L$ – расстояние; $T$ – прозрачность слоя атмосферы между лидаром и исследуемым растением на соответствующей длине волны; φ – квантовый выход флуоресценции.

Излучение, детектируемое лидаром на зондирующей длине волны, описывается следующим выражением:

$$F(532) = F_0(532)\frac{S}{L^2}T^2(532)d(532)\,, \qquad (2)$$

где $d$ – коэффициент отражения (коэффициент яркости).

Коэффициент отражения $d$ и альбедо $A$ связаны между собой как величины, характеризующие рассеяние в одном направлении (в данном случае назад) и рассеяние во всех направлениях. В общем случае эта связь может быть достаточно сложной (например, облачные покровы и водные поверхности). Но для отдельных моделей поверхности связь $A$ и $d$ получает конкретную форму. В частности, растительные покровы в условиях широких оптических пучков удовлетворительно описываются ламбертовской моделью, т.е. излучение рассеивается во все стороны равномерно. С учетом этого приближения (2) принимает вид

$$F(532) = F_0(532)\frac{S}{L^2}T^2(532)\frac{A(532)}{\pi}\,. \qquad (3)$$

Рассмотрим отношение мощностей лазерных сигналов (1) и (3):

$$f = \frac{F(685)}{F(532)} = 0{,}2\frac{1-A}{A}\frac{T(685)}{T(532)}\varphi\,. \qquad (4)$$

Анализируя последнее выражение, можно отметить, что величина $f$ прямо пропорциональна квантовому выходу флуоресценции. Обычно альбедо древесной растительности в области 532 нм составляет 0,1–0,2, поэтому соотношение $(1 - A)/A$ находится в пределах 4–9. Прозрачности на длинах волн 685 и 532 нм и небольших (несколько сотен метров) дальностях близки, поэтому $F(685)/F(532)$ приблизительно равно 1. С учетом сделанных допущений величина $f$ в первом приближении характеризует квантовый выход флуоресценции. В зависимости от конкретного значения $A$ связь $f$ с φ приобретает точные фиксированные значения. Таким образом, измеряемым в экспериментах параметром была величина $f$, характеризующая интенсивность флуоресценции в области длины волны 685 нм согласно выражению (4).

Особенности флуоресценции хвойных и лиственных растений объясняются изменением содержания хлорофилла в растительных тканях и могут служить методической основой для дистанционного контроля концентрации хлорофилла в зеленых растениях.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В начале периода наблюдения были характерны наибольшие значения интенсивности флуоресценции хлорофилла для всех типов растений, затем происходило их плавное уменьшение (рис. 2).

В результате проведенных исследований измерения в естественных условиях показали, что наибольшим диапазоном изменчивости величины *f* обладают лиственные деревья, у которых она увеличивается непосредственно перед листопадом в период пожелтения листьев.

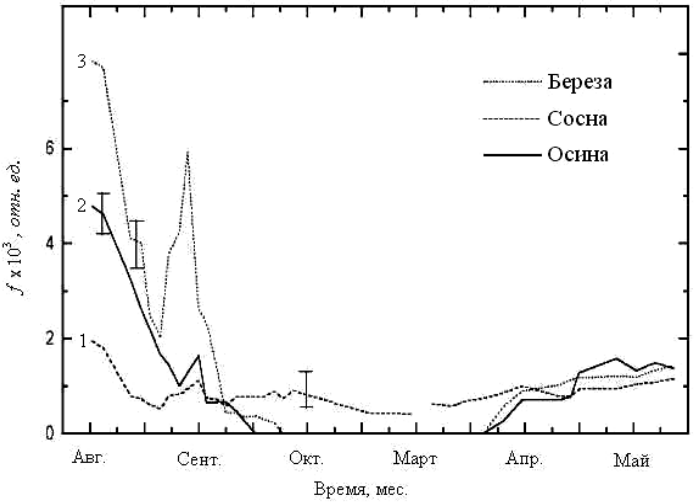



Рис. 2. Изменение отношения *f* в зависимости от месяца для сосны (1), осины (2), березы (3)

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что методами лидарного зондирования можно определять видовую принадлежность деревьев, а также состояние их лиственного или хвойного покрова. Данная методика может найти эффективное применение при зондировании природных ресурсов с борта летательного аппарата.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Мокроносов А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М.: Наука, 1981. 196 с.

2. Гаевский Н.А., Моргун В.Н. Использование переменной и замедленной флуоресценции хлорофилла для изучения фотосинтеза растений // Физиология растений. 1993. Т. 40. С. 136–145.

3. Нестеренко Т.В., Сидько Ф.Я. О количественном описании медленной индукции флуоресценции хлорофилла в онтогенезе листьев высших растений // Физиология растений. 1993. Т. 40. С. 10–15.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКИ ТОМЬ

***О.Н. Курбатова, С.Г. Селиверстова, Н.Н. Молчанова, Н.А. Коровина, студентки; С.А. Полякова, доцент***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, kurbatishka@rambler.ru, sashechka@sibmail.com, soshnumber@mail.ru*

Такое понятие, как «загрязнение воды», понимается по-разному. Для одних – это наличие в воде ядовитых химических веществ, для других – болезнетворные микробы. Однако для многих специалистов уровень загрязнения воды определяется присутствием органических отходов. Источниками таких отходов могут быть фабрики и заводы, сельскохозяйственные предприятия, города. И река Томь в Томской области – одна из тех многочисленных рек, которая страдает от этих источников регулярных выбросов. При попадании в природные воды органических веществ с бытовыми и промышленными сточными водами концентрация кислорода в воде уменьшается, что приводит к гибели водных организмов и снижению качества воды. Загрязнение природных вод азотсодержащими соединениями может привести к повышению их концентрации в продуктах питания и питьевой воде, а это наносит вред здоровью.

К счастью, воду из реки Томи для питья перестали использовать ещё в 1972 г., т.к. она является одним из самых загрязненных притоков реки Обь и протекает по территории Красноярского края, Кемеровской и Томской областей. Её общая протяженность составляет 839 км. Антропогенную нагрузку она испытывает ещё от истока, где осуществляют сброс сточных вод без должной очистки горнодобывающие и золотодобывающие предприятия. На её берегах разместились города: Междуреченск, Новокузнецк, Кемерово, Юрга, Томск и Северск. Протекая по этим экономически высокоразвитым районам Западной Сибири, она имеет важное народнохозяйственное значение, являясь водоемом хозяйственно-питьевого, санитарно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Перечислить все предприятия, которые влияют на загрязненность воды в Томи, не представляется возможным. Можно лишь назвать несколько наиболее крупных городов.

Например, Новокузнецк – это крупнейший центр тяжелой промышленности, и он имеет большое количество различных заводов и комбинатов. По данным Новокузнецкой гидрометобсерватории река загрязняется преимущественно нефтепродуктами, железом, фенолом и взвешенными веществами [1].

Город Кемерово является столицей угольного Кузбасса. Промышленный комплекс города включает более 100 крупных и средних предприятий. Отраслевая структура представлена химической промышлен-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ностью, электроэнергетикой, черной металлургией, легкой, пищевой промышленностью и др. По данным мониторинга поверхностных вод, проводимого ГУ «Кемеровский областной ЦГМС», основными загрязняющими веществами реки Томь являются нефтепродукты, фенолы, соединения азота, железа, меди, цинка, взвешенные вещества. Это приводит к сильному загрязнению воды в среднем и нижнем течениях реки [1].

Город Юрга – один из промышленных и культурных центров Кемеровской области, крупный железнодорожный узел. Ведущими отраслями экономики являются машиностроение, производство стройматериалов, инструментальная, деревообрабатывающая и пищевая промышленность. Образующиеся в процессе жизнедеятельности канализационные сточные воды в объеме 30–32 тыс. $м^3$/сут очищаются на городских очистных сооружениях канализации. Эффективность очистки стоков низкая, так как технология очистки, спроектированная в 70-е годы, явно устарела и необходима ее реконструкция [1].

Город Томск – один из крупнейших промышленных и научных центров Западной Сибири. Промышленность города – 90 крупных и средних предприятий. Наиболее развитыми отраслями являются машиностроение, металлообработка и химическая промышленность. Исследования свидетельствуют о высоком уровне химического и микробиологического загрязнения реки, в основном из-за сброса неочищенных производственных и бытовых стоков [2].

Город Северск – закрытое территориально-административное объединение (ЗАТО). Градообразующим предприятием города является Сибирский химический комбинат (СХК). СХК был создан как единый комплекс ядерного технологического цикла, включающий в себя практически все виды производств, за исключением добычи и переработки радиоактивного сырья. Река Томь является для города Северска, прежде всего, источником технической воды для нужд предприятий и города. Ежегодно из реки забирается порядка 500 млн $м^3$ воды, в том числе и на приготовление горячей воды для жителей. Ученые полагают, что источником загрязнения является именно СХК, сбрасывающий в реку радиоактивные отходы: содержание стронция в речной воде превышает допустимые нормы. Косвенным подтверждением наносимого вреда является то, что число детей, больных раком, в Томской области больше, чем в других регионах [2].

Также Томь богата гравием и, конечно же, Томск активно использует этот ресурс. Но складывается такое ощущение, что никто не задумывается над тем, что этот гравий на дне реки не позволяет вредным химическим веществам просачиваться в подземные воды, которыми сейчас город пользуется для питья. Чем меньше гравия на дне реки,



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

тем больше опасность загрязнения подземных вод. Помимо этого каждый день из реки забирается около 400 т воды для Томской ГРЭС.

Проанализировав все эти данные, возникает вопрос, почему так мало внимания уделяется такой важной экологической проблеме? Необходимо разрабатывать эффективные мероприятия по очищению вод реки Томи. Нашей группой были сформулированы некоторые из них.

1. Постараться исключить или минимизировать сброс в реку неочищенных промышленных сточных вод от предприятий химической, металлургической, угледобывающей, углеперерабатывающей и других отраслей промышленности региона и осуществить повсеместное строительство на промышленных предприятиях канализационных очистных сооружений, тем самым уменьшить концентрацию вредных химических веществ в производственных стоках.

2. Минимизировать сброс в реку неочищенных или недостаточно очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод городов и поселков, расположенных по течению реки.

3. Снизить попадание в речки, впадающие в р. Томь, стоков от животноводческих ферм и комплексов, птицефабрик, большинство из которых практически не имеют никаких очистных сооружений, что существенно уменьшит загрязнение речной воды органическими веществами.

4. Организовать очистку русел малых рек, впадающих в р. Томь, от донных отложений, которые могут являться источником вторичного загрязнения.

5. Контролировать добычу гравия из русла реки.

Для использования и охраны водных ресурсов необходим комплексный подход, учитывающий как экономическую, так и социальную сторону. А мероприятия по охране и очищению вод реки Томь позволят существенно улучшить в целом качество воды в реке. Если исчезнут источники загрязнения реки, Томь сможет за 10–15 лет вернуть себе былую славу чистой «форелевой» реки.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Новиков О.Л. Экологические проблемы среднего течения реки Томь и участие юношеского экологического объединения в их решении // Помоги реке и себе. Новосибирск: ИСАР – Сибирь, 2003.

2. Белицина В.Г., Сибирцева Е.А. Экологические проблемы Томской области // Информационный дайджест. Томск, 2006. Вып. 2.

3. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания: Матер. II Междунар. конф. Томск, 2004.

4. Заключение экспертной комиссии Главного управления Государственной экологической экспертизы Минприроды России об экологической ситуации в Кузбассе. М., 2006.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ЛЮДЕЙ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

***Д.И. Любимова, В.В. Савченко, студенты 3-го курса***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, tomsk-tusur@mail.ru*

Для получения данных работа велась по следующим напрвлениям:

– изучение литературных источников на тему экологических факторов крупных городов;

– изучение литературных источников на тему воздействий экологии города на здоровье человека;

– выявление причинно-следственных связей между экологическими факторами, их причинами и их схематическое изображение.

Изучив литературные источники, мы выявили основные экологические факторы, действующие на людей в крупных городах: загрязнение водных объектов, загрязнение почв, шумовое загрязнение, загрязнение атмосферного воздуха, увеличение уровня вибрации, геопатогенные зоны, геохимические барьеры.

Эти факторы оказывают прямое воздействие на здоровье и эмоциональное состояние людей.

Выявив причинно-следственные связи между экологическими факторами и их причинами, выяснили, что промышленность является одной из самых главных причин большей части экологических проблем. Промышленность представляет наибольшую угрозу здоровью людей, так как является причиной загрязнений воздуха, почв, водных объектов, шумового загрязнения, геопатогенных зон и геохимических барьеров. Особую роль промышленность играет в загрязнении воздушного и водного бассейнов. Следует сказать, что для человеческого организма наиболее опасно поступление в него токсичных веществ в формах газовых смесей и водных растворов. Именно поэтому загрязнения воздуха и водных объектов являются наиболее важными [1].

Для большинства крупных городов характерно чрезвычайно сильное и интенсивное загрязнение атмосферы. Загрязнение воздуха является одним из основных рисков для здоровья, связанных с окружающей средой и, по оценкам, ежегодно является причиной преждевременной смерти примерно 2 млн человек во всем мире [2].

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды является автомобильный парк, который сосредоточен, в основном, в городах. Автотранспорт является одним из крупнейших загрязнителей атмосферного воздуха. В Российской Федерации насчитывается более 150 городов с превалирующим вкладом выбросов автотранспорта в валовые выбросы (более 50%). К числу приоритетных загрязнителей атмосферы, поступающих в городскую атмосферу с отработавшими



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

газами автомобилей, относятся свинец, бенз(а)пирен, летучие углеводороды, диоксид азота [3].

С промышленными выбросами в атмосферный воздух также поступают сложные органические, хлорорганические и нитросоединения, техногенные радионуклиды, вирусы и микробы [2].

Твёрдые частицы, находящиеся в воздухе, представляют не меньшую опасность. Воздействуя на большое число людей, они усиливают риск развития сердечно-сосудистых и респираторных болезней, а также рака легких.

Аэрозоли антропогенного происхождения – одни из основных загрязнителей атмосферного воздуха в крупных городах, образующиеся при сжигании топлива либо содержащиеся в промышленных выбросах. Будучи тонкодисперсными, они, попав в лёгкие человека, могут сразу и в значительных количествах переходить в кровь, что особенно вредно.

Две трети населения нашей Федерации проживает на территориях, где уровень загрязнения атмосферного воздуха не соответствует гигиеническим нормам [4].

Загрязнение воды в зоне водопотребления также является серьезным фактором, ухудшающим экологическое состояние городов. Оно производится за счет сброса части неочищенных стоков городов и предприятий, расположенных выше зоны водозабора данного города. По данным ВОЗ, вода содержит 13 тысяч потенциально токсичных элементов (тяжёлые металлы; радиоактивные уран, плутоний, торий, цезий; болезнетворные микробы и др.), которые вызывают атеросклероз, полиневрит, онкологические заболевания, гипертонию, поражение костного мозга, потерю остроты зрения, врожденные пороки, сальмонеллез, вирусный гепатит, полиомиелит, лямблиоз и другие опасные заболевания [5].

Геохимические барьеры и геопатогенные зоны – это экологические факторы, которые сконцентрированы в основном в городах. Чаще всего этим факторам не уделяют особого внимания, хотя их воздействие представляет серьёзную угрозу здоровью горожан.

Самым опасным классом геохимических барьеров является социальный. Социальные геохимические барьеры относятся только к техногенным и представляют собой зоны складирования и захоронения отходов, как промышленных, так и бытовых.

Химические элементы (их соединения), накапливающиеся на социальных барьерах в повышенных концентрациях, не соответствуют ни одной природной ассоциации. Миграция этих химических элементов идет в основном в виде растворов, а ряда соединений – и в газооб-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

разной форме. Последствия их необычного для природы совместного влияния на безопасность жизнедеятельности не изучены.

Геопатогенные зоны несколько условно В.Т. Трофимов с соавторами разделяют на два типа (хотя, вероятнее всего, их гораздо больше):

- с токсичными, повышенными выделениями радона, распространением патогенных бактерий;
- с локальными аномалиями геофизических полей.

Рядом исследователей установлено, что часть неоднородностей воспринимается организмами как геоактивные, стрессогенные зоны биологического дискомфорта. При этом предполагается, что газ радон скапливается в приземном воздухе, даже в помещениях. Основным источником радона в помещениях являются строительные материалы, из которых сооружены здания, в частности бетон, радиоактивность которого меняется в зависимости от страны-изготовителя и способа изготовления. Установлено, что повышенная концентрация радона вызывает образование злокачественных опухолей органов дыхания. Радон является второй по значимости причиной развития рака легких во многих странах [1].

Шумовое загрязнение в городах практически всегда имеет локальный характер и преимущественно вызывается средствами транспорта – городского, железнодорожного и авиационного. Уже сейчас на главных магистралях крупных городов уровни шумов превышают 90 дБ и имеют тенденцию к усилению ежегодно на 0,5 дБ. Это вызывает увеличение порога слышимости (10 дБ для большинства людей с нормальным слухом) на 10–25 дБ.

Постоянное воздействие сильного шума может не только отрицательно повлиять на слух, но и вызвать другие вредные последствия – звон в ушах, головокружение, головную боль, повышенную усталость [6].

Не менее масштабным и значительным является химическое загрязнение среды несвойственными ей веществами химической природы. Прежде всего это касается загрязнения почв удобрениями и ядохимикатами.

В свою очередь, загрязнение почвы тяжёлыми металлами, пестицидами, радионуклидами, нефтью, минеральными удобрениями может нанести непоправимый вред здоровью человека, вызывая серьезные заболевания. Наиболее опасным является биологическое загрязнение почв. Болезнетворные микроорганизмы могут сохраняться в почвенной среде длительное время. Немаловажное значение имеет почва для последовательной передачи инфекций во внешней среде, так как попавшие в нее патогенные микроорганизмы в дальнейшем распространяются через воду, растительную продукцию, вызывая холеру, дизен-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

терию, тиф и т.д., или посредством насекомых, грызунов, скота, провоцируя туляремию, чуму, сибирскую язву и т.д. [2].

Все перечисленные экологические факторы способствуют росту заболеваемости населения и сокращению продолжительности жизни.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Алексеенко В.А. Жизнедеятельность и биосфера. – Москва: «Логос», 2005. 229 с.
2. ru.wikipedia.org
3. www.revolution.allbest.ru
4. www.who.int/ru/
5. www.aqua-com.ru
6. www.nosound.ru

## ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИМПЕДАНСА ПОЧВЫ ОТ ЕЕ ВЛАЖНОСТИ

***А.И. Миронов, аспирант***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, mironov.aleksandr@mail.ru*

Известно, что почвенный покров Земли представляет собой важнейший компонент биосферы и определяет многие происходящие в ней процессы. Несмотря на это, человеческая деятельность зачастую приводит к загрязнению почв и необратимым последствиям для биосферы.

В связи с этим развитие методов оценки загрязнения почв является актуальной задачей. Среди различных методов оценки загрязнения почв достаточно перспективными являются методы, основанные на электрических свойствах почв, в частности импедансе.

Комплексное сопротивление (импеданс) почвы в значительной степени зависит от таких факторов, как влажность, температура, наличие солей и плотность [1, 2]. Влажность является наиболее сильно влияющим на импеданс почвы фактором. В то же время в просмотренной автором научной литературе отсутствуют данные о зависимости импеданса почвы на различных частотах от ее влажности. Поэтому целью данной работы является изучение данной зависимости.

Измерения проводились в диапазоне частот 25 Гц до 1 Мгц на двух типах почв: черноземном и пойменном. Результаты измерений импеданса черноземного типа почвы представлены на рис. 1.

Исходя из данных на графике можно утверждать, что импеданс черноземного типа почвы наиболее заметно зависит от частоты переменного тока при влажности почвы 23 и 30%. При влажности



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

почвы рассматриваемого типа выше 37% импеданс несущественно зависит от частоты и определяется импедансом воды. Кроме того, данные графика позволяют заметить, что почва обладает емкостным сопротивлением.

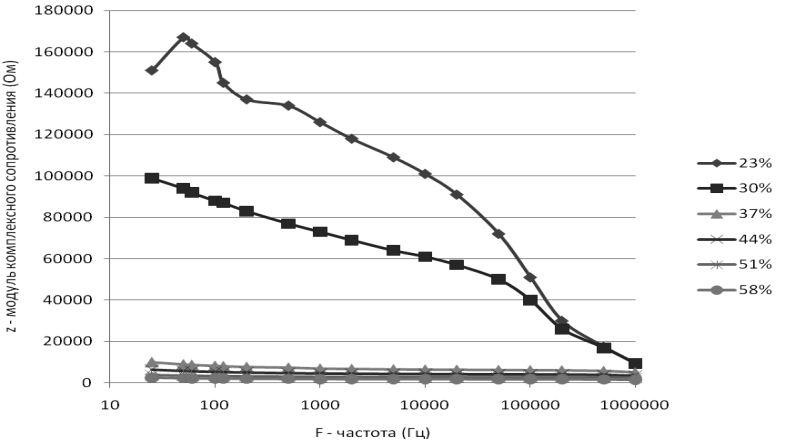



Рис. 1. Зависимость импеданса почвы черноземного типа от ее влажности и частоты переменного тока

Результаты измерений импеданса пойменного типа почвы представлены на рис. 2.

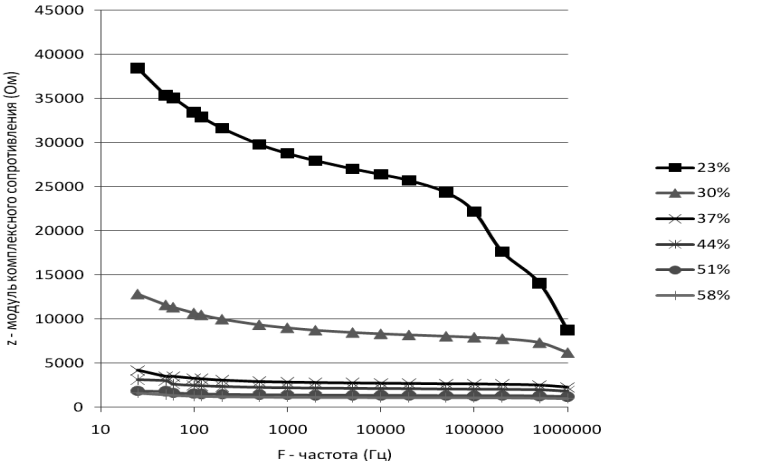



Рис. 2. Зависимость импеданса почвы пойменного типа от ее влажности и частоты переменного тока



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Исходя из данных графика изображенного на рис. 2, можно сделать вывод, что почва пойменного типа также обладает емкостным сопротивлением. Наиболее заметно зависимость импеданса от частоты так же как и для черноземного типа почвы, выражена при влажности почвы 23 и 30%.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

– значение импеданса почвы зависит от частоты переменного тока. С ростом частоты значение импеданса уменьшается;

– при влажности почвы выше 30% ее импеданс определяется импедансом воды.

Полученные результаты будут использованы для дальнейших научных исследований, целью которых является разработка метода оценки степени нефтяных загрязнений почвы с помощью ее импеданса.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Корис Р. Справочник инженера-схемотехника: Пер. с англ. / Р. Корис, Х. Шмидт-Вальтер. М. : Техносфера, 2008. 607 с.

2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв: Учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 399 с.

## ВЛИЯНИЕ АВАРИЙНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ

***Н.Н. Молчанова, Н.А. Коровина, А.Г. Селиверстова, О.Н. Курбатова, студентки; Т.В. Смолина, рук.***

*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, nadusha-m91@mail.ru*

По протяженности подземных трубопроводов для транспортировки нефти, газа, воды и сточных вод Россия занимает второе место в мире после США. Однако нет другой страны, где эти трубопроводные магистрали были бы так изношены. По оценкам специалистов МЧС России, аварийность на трубопроводах с каждым годом возрастает и в XXI в. эти системы жизнеобеспечения вошли изношенными на 50–70%. Утечки из трубопроводов приносят стране огромный экономический и экологический ущерб. Особенно большое количество аварий происходит в городах в результате утечек воды из изношенных коммуникаций – канализационных, тепловых и водопроводных сетей. Из разрушенных трубопроводов вода просачивается в грунт, повышается уровень грунтовых вод, возникают провалы и просадки грунта, что ведет к затоплению фундаментов, и, в конечном счете, грозит обруше-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

нием зданий. Зарубежный опыт показывает, что эту проблему можно решить, если вместо стальных трубопроводов применять трубы из пластмассы, а прокладку новых и ремонт изношенных осуществлять не открытым, а бестраншейным способом. Преимущества ремонта трубопроводов бестраншейным методом очевидны: затраты на ремонт снижаются в 6–8 раз, а производительность работ возрастает в десятки раз [2].

В предаварийном состоянии находятся промысловые трубопроводные системы большинства нефтедобывающих предприятий России. Всего на территории Российской Федерации находится в эксплуатации 350 тыс. км внутрипромысловых трубопроводов, на которых ежегодно отмечается свыше 50 тыс. инцидентов, приводящих к опасным последствиям. Основными причинами высокой аварийности при эксплуатации трубопроводов являются сокращение ремонтных мощностей, низкие темпы работ по замене отработавших срок трубопроводов на трубопроводы с антикоррозионными покрытиями, а также прогрессирующее старение действующих сетей. Только на месторождениях Западной Сибири эксплуатируется свыше 100 тыс. км промысловых трубопроводов, из которых 30% имеют 30-летний срок службы, однако в год заменяется не более 2% трубопроводов. В результате ежегодно происходит до 35–40 тыс. инцидентов, сопровождающихся выбросами нефти, в том числе в водоемы, причем их число ежегодно увеличивается, а значительная часть инцидентов преднамеренно скрывается от учета и расследования [3].

Действующая на территории Российской Федерации система магистральных нефтепроводов, газопроводов, нефтепродуктопроводов и конденсатопроводов не отвечает современным требованиям безопасности [3].

В Российской Федерации общая протяженность подземных нефтеводо- и газопроводов составляет около 17 млн км, при этом из-за постоянных интенсивных волновых (колебаний давления, гидроударов) и вибрационных процессов, участки этих коммуникаций приходится постоянно ремонтировать и полностью заменять. При общей динамике аварийности, по оценкам экспертов, причинами разрыва трубопроводов являются:

– 60% случаев – гидроудары, перепады давления и вибрации;

– 25% – коррозионные процессы;

– 15% – природные явления и форс-мажорные обстоятельства [3].

Аварии на трубопроводе происходят не только по техническим причинам: существует и ряд других, основным из которых является так называемый человеческий фактор. Огромное число катастроф происходит в результате халатности как работников, так и начальства.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Также влияние оказывает само место, где проложена труба. Трубопроводы покрывают тысячи километров и избежать пересечения ими зон тектонических нарушений невозможно. Но знание механизма влияния этих зон на состояние трубопроводов, безусловно, поможет найти средство нейтрализовать его. И особенно при переходе под реками. Ведь русла рек – это обязательно зоны тектонических нарушений, и именно это определяет такую высокую аварийность дюкеров.

И еще один объект, аварийность которого определяется влиянием зон тектонических нарушений. Речь о насосных станциях. Однако механизм аварийности здесь совершенно иной, чем в случае трубопроводов [5].

Особенностью насосных станций является наличие в них постоянно вибрирующих механизмов. Это делает возможным формирование техногенных землетрясений, которые называют еще горными ударами. Физика горных ударов очень проста. Это резонанс [5].

**Нефтепроводы.** Анализ частоты и тяжести последствий аварий на объектах нефтегазодобывающих предприятий показал, что отказы на нефтепроводах, особенно межпромысловых, сопровождаются наиболее значительным нефтяным загрязнением окружающей природной среды. Увеличение диаметра и протяженности нефтепроводов, проложенных в труднодоступных районах, приводит к увеличению времени ликвидации аварии и, соответственно, потерь нефти. Вынужденная остановка промыслов может обойтись нефтегазодобывающему предприятию в десятки раз дороже, чем прямые потери от аварийных ситуаций в системе транспорта [4].

Выполненный анализ причин отказов нефтепроводов одного из крупных нефтегазодобывающих предприятий в Западной Сибири показал, что более 80% всех отказов произошли из-за внутренней коррозии металла труб [4].

Аварии на системах поддержания пластового давления приводят к снижению нефтеотдачи пластов и могут послужить причиной остановки промыслов.

Ранжирование отражает в основном влияние степени агрессивности и обводненности перекачиваемого продукта как важнейших факторов коррозии и, соответственно, аварийности трубопроводов. Основной ущерб от подобного рода аварий может быть нанесен здоровью населения и окружающей природной среде. Количественная оценка ущерба природной среде, а по существу размер иска по отношению к владельцу опасного производственного объекта, природоохранными органами в настоящее время производится на основании утвержденных методик и инструкций. При крупной аварии иски включают:

• расчет сверхнормативной платы за загрязнение водных объектов;



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

• расчет платы за загрязнение земель;

• расчет платы за загрязнение атмосферного воздуха [4].

Наибольший вклад в суммарный экологический ущерб вносят аварии, которые сопровождаются истечением нефти в водный объект. Вероятность такой аварии достаточно высокая, так как площадь водных объектов занимает до 70% территории деятельности предприятия.

Что касается экологической проблемы эксплуатации нефтепроводов, то экологи уже давно бьют тревогу, что эксплуатация нефтяных месторождений, многочисленные аварии и утечки наносят серьезный ущерб окружающей среде. По информации Всемирного фонда дикой природы (WWF), общий объем загрязнений от нефтяной отрасли в районах добычи сейчас составляет 1,2 млрд т нефтеводяных эмульсий и других загрязнителей. И, несмотря на то, что число крупных аварий уменьшилось, каждый год загрязняется еще 30 тыс. га земель. Угрозу окружающей среде, по мнению специалистов, представляет и то, что при прекращении эксплуатации месторождений не производится экологически безопасной консервации скважин. Только в Тюменской, Архангельской, Астраханской областях и в Республике Коми таких скважин насчитывается порядка 15 тыс. Более 35 тыс. км составляет в России протяженность трубопроводов – число аварий и утечек на них оценивается примерно в 50 тыс. случаев в год, не говоря уже о негативном влиянии строительства новых трубопроводов и дорог.

Согласно данным, приведенным в статье В.М. Клапцова [6], при разливе нефти в количестве 12 л на 1 $м^2$ фитомасса через 3 года уменьшается на 74%, а при разливе 25 л на 1 $м^2$ – на 90% за 1 год. Период самовосстановления растительного покрова после загрязнения почвы для северных широт составляет 10–15 лет. При ликвидации последствий разливов нефти зачастую происходит необратимое уничтожение плодородного слоя почвы. При попадании в воду 1 т нефти образуется сплошная пленка на площади 2,6 $км^2$. Часть нефти оседает на дно, более легкие фракции растворяются, образуются нефтяные агрегаты. В результате нарушаются процессы газового обмена между поверхностным водным слоем и воздушной средой, а также первичные биохимические процессы в поверхностном слое воды. Растворенная и эмульгированная нефть в концентрации выше 0,05 мг/л приводит к значительным нарушениям биологического равновесия водоемов. Однопроцентный водный раствор ароматических углеводородов, которых в нефти содержится 30–40%, убивает все водные растения.

**Газопроводы.** Возникновение аварийных разрывов на магистральных газопроводах, газопроводах-отводах и технологических газопроводах компрессорных станций связано с физическими эффектами двух видов:



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

• внутренними – нестационарными газодинамическими процессами в самих трубопроводах, определяющими динамику выброса природного газа в атмосферу;

• внешними – определяющими воздействие процесса разрушения участка трубопровода высокого давления на окружающую среду.

Внешние эффекты сопровождаются:

• образованием волн сжатия за счет расширения в атмосфере природного газа, выброшенного под давлением из разрушенного трубопровода, а также волн сжатия, образующихся в случае воспламенения газового «шлейфа» (облака), т.е. за счет расширения продуктов его сгорания;

• образованием и разлетом осколков (фрагментов) разрушенного участка трубопровода;

• возможностью воспламенения газа и термическим воздействием пожара на окружающую среду [1].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Седых А.Д., Гриценко А.И., Сафонов В.С. и др. Анализ риска эксплуатации объектов газовой промышленности // Новые высокие технологии газовой промышленности, Энергетики и связи. Т. 10, кн. 2. С. 128–142.

2. Резчиков Е.А., Носов В.Б., Пышкина Э.П. и др. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие. Ч. 2. / Под редакцией Е.А. Резчикова. М.: МГИУ, 1998.

3. РИА «Новости»

4. Сайт neftegaz.ru

5. Гликман А.Г. Физика и практика спектральной сейсморазведки / www.newgeophys.spb.ru /

6. Клапцов В.М. Экологические проблемы эксплуатации трубопроводов в России // Бюллетень Российского института стратегических исследований. 2003. №14.

## ЗНАЧИМОСТЬ СОСТОЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ г. ТОМСКА

***С.В. Никитченко, А.В. Трищ, студенты 3-го курса***

*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, user_217@sibmail.com*

Массовый отдых и туризм превратились в один из важнейших социальных и экономических факторов современности. В условиях урбанизированной территории проблема отдыха граждан является особенно актуальной. Наличие небольших по площади парков становится необходимым условием гармонично развивающегося города. Как правило, эти территории становятся местом частого посещения городски-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ми жителями как в будние, так и в выходные дни. Экологическим следствием такого отдыха является рекреационная нагрузка, которая приводит к ухудшению состояния городских и пригородных ландшафтных комплексов и снижению их функциональных возможностей.

С целью выявления степени осознания рекреантами существования проблемы рекреационной нагрузки нами было опрошено 120 человек, преимущественно студентов как технических, так и гуманитарных факультетов. Теоретическую осведомленность аудитории мы попытались определить по знакомству с понятием «рекреационная нагрузка» – именно этому и был посвящен второй вопрос анкеты. Выяснилось, что 68% опрошенных только догадываются либо вообще не знают, что означает термин «рекреационная нагрузка», и лишь 32% знают, что означает этот термин. Далее вопросы анкеты были условно разделены на блоки. Первый блок вопросов касается характера посещения респондентами рекреационных территорий; второй блок вопросов отражает отношение респондентов к проблеме состояния и эксплуатации рекреационно-нагруженных территорий, третий блок вопросов касается выявления мнения опрошенных относительно мер, которые необходимо предпринять для восстановления и сохранения территорий.

Исходя из данных анкетирования, видно, что наиболее посещаемыми рекреационными территориями города оказались площадь Новособорная и стадион «Буревестник» (соответственно 45 и 35%), остальные 20% пришлись на другие места, такие как Лагерный сад, Академгородок, набережная реки Ушайки. Это можно объяснить расположением наиболее посещаемых территорий возле мест учебы и проживания студентов. На вопрос о частоте посещаемости стадиона «Буревестник» был получен высокий процент ответов, свидетельствующих о том, что данная территория часто используется для занятий физической культурой и спортом. Совсем другая ситуация наблюдается на площади Новособорной – сорок пять процентов респондентов являются частыми посетителями данной территории, так как она является популярным местом встречи среди молодежи, привлекая наличем фонтана.

Наблюдается относительно малая посещаемость респондентами таких территорий, как Лагерный сад, набережная реки Ушайки, что объясняется сезонным режимом посещения. Академгородок вследствие своей удаленности посещается крайне редко, всего 4% опрошенных ответили, что часто проводят там время.

Цель посещения соответствует типу и характеру территории. Большинство рекреантов целью рекреации ставят отдых и прогулки (55%). Многие студенты занимаются спортом (23%). Деловые встречи



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

проводят на территориях отдыха (14%). И только 8% респондентов используют эту территорию преимущественно в качестве участка их повседневного маршрута, поскольку она расположена на пути регулярного следования.

Учитывая цель посещения, можно отметить, что в среднем занятия спортом и прогулки занимают у рекреантов не менее часа, что подтвердили 63% опрошенных респондентов. Не более 30 мин посещают эту территорию 14%, так как она входит в их ежедневный маршрут, и 23% посещают территорию более двух часов, проводя на ней, например, пикники. Это показано на рис. 1.

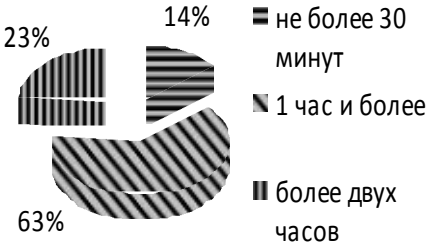



Рис. 1. Процентная продолжительность посещения территорий рекреантами

Следующий блок вопросов касается отношения респондентов к проблеме состояния и эксплуатации рекреационно-нагруженных территорий. Большая доля опрошенных (35%) отметили средний уровень состояния территории, что может отражать тот факт, что многие респонденты просто не обращают внимание на ее эстетическое состояние (рис. 2).

Рис. 2. Эстетическое состояние территории (по оценке респондентов)

Мусорные свалки являются раздражающим фактором при отдыхе для 85% респондетов. На вопросы, касающиеся культуры рекреационного поведения, 43% респондентов ответили, что всегда пользуются урнами для утилизации мусора, 55% ответили, что уносят мусор с собой, если урны отсутствуют, и лишь 2% оставляют мусор где придется.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Факторы, определяющие степень пригодности территории, предназначенной для отдыха, по мнению респондентов, следующие: обустроенность территории – наличие построек, мусорных баков, дорог (29%); важна чистота территории (25%); 35% отдыхающих предпочитают находиться в условиях первозданной природы с высокой степенью видового разнообразия растительности; для 11% необходимо наличие некоторого количества людей на территории. В качестве мер по сохранению и улучшению качеств территорий участники анкетирования предлагали следующие варианты: усиление контроля за соблюдением правил культурного отдыха со стороны администрации (33%), уборка территории и утилизация мусора (32%), облагораживание территорий (23%).

Из всего вышесказанного следует, что для снижения рекреационной нагрузки необходимо разработать ряд мероприятий, соответствующих типу рекреационной территории. Например, на территории лесопарковых зон благоустройство местности следует начать с очистки территории от мусора, установления мусорных баков в наиболее посещаемых местах. Возможно, создать специально обустроенную зону для отдыха. Кроме того, можно организовать посадку кустарниковой растительности вдоль уже имеющихся дорог, для того чтобы предотвратить появление новых протоптанных дорожек. По всей территории, с некоторой периодичностью, разместить плакаты, призывающие к бережному обращению с природой. Проводить экологические акции и митинги, в которых бы отражались призывы к «экологичеки-грамотному» отдыху.

Данные анкетирования показывают, что отдыхающее население преимущественно обращает внимание на проблему рекреационной нагрузки, но упорядоченных знаний в этой области не имеет. Поэтому необходимо организовать систему экологического образования и воспитания всех слоев населения в целях повышения культуры природопользования, сохранения, восстановления и создания новых уникальных природных комплексов.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА ПО ХЕМОТАКСИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ИНФУЗОРИЙ PARAMECIUM CAUDATUM

***С.Н. Носов, студент 5-го курса; Ю.Н. Моргалев, директор центра «Биотест-Нано», к.б.н.; Т.Г. Моргалева, вед. науч. сотр., к.б.н.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ; НЧ ТГУ*

Очевидная неполнота и противоречивость информации об особенностях поведения наночастиц и наноматериалов разных видов в различных условиях среды в сочетании с реальными перспективами резкого увеличения их содержания в среде обитания человека и других биологических объектов выдвигает на первый план проблемы биобезопасности наноматериалов и нанотехнологий. Для объективной оценки экологической безопасности продуктов быстроразвививающейся сферы нанотехнологий все большее значение приобретают биоиндикация и биотестирование [1, 2].

В данной работе экотоксичность наночастиц диоксида титана оценивалась по хемотаксической реакции инфузорий, которая регистрировалась с помощью автоматизированного комплекса [3]. Во время эксперимента 1 раз в квартал проводился контроль качества оценки токсичности по определению чувствительности используемых тест-организмов к модельному (эталонному) токсиканту – $CuSO_4 \times 5H_2O$. Диапазон концентраций при которых через 30 мин индекс токсичности модельного токсиканта соответствовал условиям методики, составлял $0{,}2 < T < 0{,}7$.

Большинство техногенных наночастиц производится в виде мелкодисперсных порошков, которые, попадая в водную среду различного типа, агрегируются.

Относительно способа введения наночастиц в водную среду был высказан ряд точек зрения, ни одна из которых не является общепризнанной.

В настоящее время известно три основных способа создания дисперсных систем, содержащих наночастицы в относительно стабильном по времени состоянии: применение поверхностно-активных веществ, растворителей или удаление агентов, способствующих агрегации (например, ионов кальция); ультразвуковое диспергирование порошка; длительное перемешивание.

В данном исследовании использовался метод введения наночастиц в водную дисперсную систему с помощью ультразвукового диспергирования (гомогенизирования) ультразвуковым гомогенизатором типа SONOPULS HD 2200 фирмы Bandelin с зондом VS 70 T [2].



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Дисперсионную тест-систему наночастиц готовят на культивационной среде по прописям конкретной методики биотестирования [4]. В практике при работе с инфузориями Paramecium C. в качестве дисперсионной среды наиболее часто используют среду Лозина-Лозинского или дегазированную минеральную воду Аква Минерале (ТУ 0131-001-17998155).

Установлено, что стабильность и концентрация наночастиц в дисперсной системе зависят от дисперсионной среды, в которую вводится нанопорошок:

– Аква Минерале (ТУ 0131-001-17998155) – стабильность достигается на 2-е сут (С = 11,0 мг/л) и сохраняется в течение наблюдаемого периода (14 дней);

– дистиллированная вода (ГОСТ 6709-72) – на 2-е сут (С = 6,0 мг/л) и сохраняется в течение наблюдаемого периода (30 дней);

– культивационная вода – на 2 сут (С = 1,0 мг/л) и сохраняется в течение наблюдаемого периода (10 дней);

– 0,9 и 3,0% NaCl: сохраняется в первые 4 ч (С = 8,0–9,0 мг/л), через 24 ч снижается (С = 1,6 мг/л), через 48 ч отмечено дальнейшее снижение концентрации.

В данном исследовании при приготовлении исходной дисперсной системы использовались две дисперсионные среды: Аква Минерале и отстоявшаяся в течение 5–7 дней дистиллированная вода (ГОСТ 6709-72). Далее из исходных дисперсных систем наночастиц готовим серию разведений с последовательно убывающими концентрациями, путем разбавления культивационной средой.

Установлено, что процент выхода инфузорий в дисперсионную систему наночастиц диоксида титана снижается по мере увеличения концентрации наночастиц в тест-системе (рис. 1).

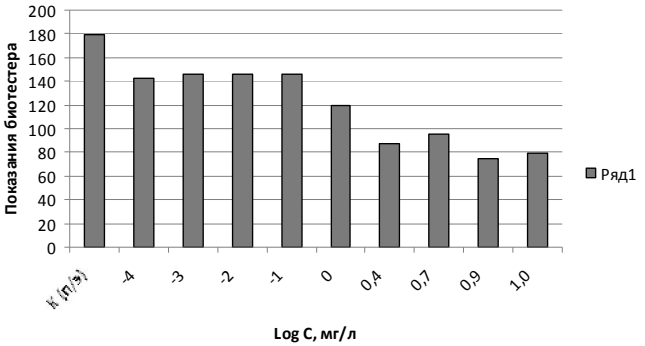



Рис. 1. Хемотаксическая реакция инфузорий на внесение в тестируемый образец наночастиц диоксида титана различных концентраций по показаниям прибора «Биотестер»



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Индекс токсичности немонотонно, но достоверно возрастает с увеличением концентрации наночастиц диоксида титана 5 нм в дисперсионной системе. Выявлены умеренная степень токсичности, соответствующая 2-й группе опасности, для концентраций 0,0001; 0,01; 0,1; 1,0 мг/л, И допустимая степень токсичности, соответствующая 1-й группе опасности, для концентрации 0,001 мг/л (рис. 2).

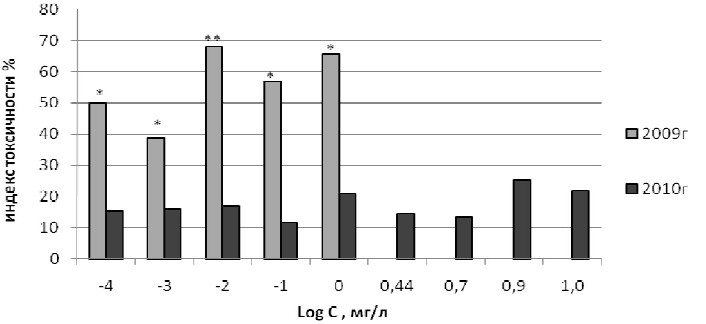



Рис. 2. Изменение индекса токсичности в зависимости от концентрации ДС НЧ $TiO_2$ размерностью 5 нм. Достоверность отличий: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$

Установлено, что с увеличением размера частиц диоксида титана(5, 50, 350 нм) снижается степень токсичности.

Получены предварительные данные о снижении индекса токсичности почти в 2 раза через год хранения наночастиц диоксида титана 5 нм при соблюдении ТУ (см. рис. 2).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Карташев А.Г. Биоиндикация экологического состояния окружающей среды. Томск: Водолей, 1999. 192 с.

2. Методические основы выбора лабораторных тест-организмов для оценки экотоксичности наночастиц и наноматериалов: Томск, 2010, 133 с.

3. Методика определения токсичности проб вод (природных, хозяйственно-питьевых, промышленных сточных) экспресс-методом с применением прибора «Биотестер». СПб., 2005 ФР.1.31.2005. 01881

4. Оценка безопасности наноматериалов in vitro и в модельных системах in vivo. М., 2009.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПОЧВЕННУЮ ЭКОСИСТЕМУ

***Е.В. Нуянзина, Т.В. Ковальская, студентки 4-го курса***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, anel_pochta89@mail.ru.*

Нефть – важнейшее энергетическое топливо современной промышленности. С открытием нефтяных и газовых месторождений территория Западно-Сибирской равнины стала претерпевать значительные изменения. Развитие нефтедобывающей промышленности вызвало существенные экологические последствия в природной среде. Возникли новые проблемы, которые в первую очередь коснулись всех экосистем почв, рек, подземных вод, растительности и животного мира, атмосферы.

Воздействие на почвенный покров и водные объекты проявляется в загрязнении их нефтепродуктами и высокоминерализованными водами [1].

В отличие от многих антропогенных воздействий, нефтяное загрязнение оказывает комплексное воздействие на окружающую природную среду и вызывает ее быструю отрицательную реакцию. Постоянные разливы нефти, нефтепродуктов, соленых пластовых вод, выносимых эксплуатационными скважинами вместе с нефтью и газом, приводят к уменьшению продуктивности земель и деградации ландшафтов.

Нефть – сложная смесь углеводородов, содержащая 82–87% углерода, 11–14% водорода и 4–5% различных примесей (кислород, сера, азот, асфальтовые и другие сложные вещества).

Более 3/4 общероссийской добычи нефти в России дают восточные районы (исключительно месторождения Тюменской и Томской областей), на втором месте – Уральский район, нефтепромыслы которого концентрируются в Башкирии, Пермской и Оренбургской областях, на третьем месте – Поволжье, а в его пределах – Татарстан и Самарская область [2].

Нефтяное загрязнение угрожает безопасности среды обитания человека, а также животному и растительному миру.

В России, а также в других странах мира происходит загрязнение окружающей среды нефтью при разработке и при неправильной эксплуатации месторождений, а также при авариях на нефтеперерабатывающих предприятиях из-за несоблюдения технологии производства [3].

В нашей стране наиболее загрязнены почвы в местах нефтедобычи. Наибольшая степень загрязнения на месторождениях, срок эксплуатации которых превышает 15–20 лет. Основными причинами загрязнения земель здесь оказываются утечки нефти и пластовых вод из-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

за изношенного промыслового оборудования и частые аварии на трубопроводах, загрязнители накапливаются в почвах вблизи объектов промысла, перемещаются потоками вод в пониженные места рельефа и создают картину сплошного загрязнения вдоль трубопроводов и водотоков. Попадая на поверхность земли, жидкие углеводороды начинают просачиваться по порам и трещинам пород зоны в аэрации, где преобладает движение в вертикальном направлении. Когда нефтепродукты встречают на своем пути менее проницаемый слой или достигают уровня грунтовых вод, происходит их накопление и растекание в горизонтальном направлении.

Основная масса нефти и сопутствующих ей веществ остаётся в почве. Так установлено, что 30–35 % нефти, потерянной в производственном цикле, поступает в водный бассейн, остальная масса нефти остаётся на суше.

К сожалению, в нашей стране многие нефтеперерабатываюшие предприятия в течение многих лет скрывали сведения об аварийных разливах нефти, кроме того, многие предприятия не проводят работы по рекультивации земель.

Биологическая активность почвы выражается суммарным проявлением активности биохимических процессов и характеризует размеры и направление превращения веществ и энергии в почве, происходящего под действием живых организмов.

Показатели активности характеризуют экологическое состояние почвы.

Интегральной характеристикой напряженности микробиологических процессов является скорость выделения углекислого газа. В большинстве случаев чем она выше, тем лучше экологическое состояние почвы.

Воспользовавшись методикой Штатнова, мы провели опыт, в котором сравнивается биологическая активность чистой и нефтезагрязненной почв с разной концентрацией ( 1, 5, 10, 20, 30 и 50 мг).

Суть метода Штатнова заключается в определении количества выделившегося в течение определенного времени углекислого газа по нейтрализации им раствора щелочи. Определение дыхания почвы этим методом заключается в том, что поверхность почвы изолируют от окружающего воздуха сосудом, под которым помещают чашку с 2 мл 0,1 г раствора КОН для поглощения углекислого газа. Через определенное время (0,5–1 ч) сосуд-изолятор снимают, щелочь оттитровывают 0,05 г раствором HCl по фенолфталеину до обесцвечивания. Одновременно делают контрольные измерения (изолятор и щелочь ставят не на почву, а в какой-либо плоскодонный сосуд и также изолируют от



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

воздуха). По разнице титрования определяют количество выделившегося из почвы углекислого газа. Расчет проводят по формуле

$$F=1,1\times(a-b)\times100/S\times t,$$

где F – скорость выделения углекислого газа из почвы, кг/га в час; a – объём 0,05 н. HCl, пошедший на титрование щелочи при определении содержания углекислого газа в воздухе контрольного сосуда, мл; b – объём 0,05 н. HCl, пошедший на титрование щелочи при определении содержания углекислого газа в воздухе сосуда-изолятора на почве, мл; 1,1 – масса углекислого газа, эквивалентная 1 мл 0,05 н. раствора кислоты, мг; объём 0,05 н. HCl, пошедший на титрование щелочи при определении содержания углекислого газа в воздухе; 100 – пересчетный коэффициент (1 мг/см$^2$ = 100 кг/га); S – площадь почвы под сосудом-изолятором, см$^2$; t – время экспозиции, ч.

При загрязнениях тяжелыми металлами, оксидами серы, большими количествами различных органических веществ преобладает токсический эффект, вследствие чего биологическая активность подавляется [4].

ЛИТЕРАТУРа

1. Адам А.М., Нехорошев О.Г., Волостнов Д.В. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2003 г. / Департамент природн. ресурсов и охраны окружающ. среды, ОГУ «Облкомприрода «Администрации Том. обл. Томск: Дельтаплан? 2004. 204 с.

2. Гладких Ю.Н., Добросюк В.А., Семенов С.П. Экономическая география России. М., 1999.

3. Исмаилов Н.М. Процессы самоочищения почв и пути их интенсификации: Автореф. дисс. … д-ра биол. наук, 1990. 42 с.

4. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг. М., 2000. 180 с.

## ИЗМЕНЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕЛАКСАЦИИ ВОДЫ, ОМАГНИЧЕННОЙ УСТРОЙСТВОМ МАУТ

***А.А. Павлова, аспирант; В.И. Сусляев, доцент***

*г. Томск, ТГУ, каф. радиоэлектроники, gelecopter@sibmail.com*

Известно, что некоторые виды обработок: магнитная, разрядно-импульсная, электрохимическая, электромагнитная, электрическая, механическая, термическая, акустическая, плазменная, и др. – производят физическую активацию воды, изменяющую ее физико-химические свойства и потребительские качества. В частности, воздействие магнитного поля на воду снижает жесткость и уменьшает накипеобразование, изменяет вязкость, удельное сопротивление, по-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

верхностное натяжение, величину диэлектрической проницаемости (ДП) [1–4]. Доказательством изменения структуры воды считаются: повышение урожайности, упрочнение бетона, улучшение самочувствия больных. В научных публикациях отмечается низкая повторяемость результатов, до сих пор не выявлены закономерности связи потребительских свойств с параметрами воздействия: временем экспозиции, напряженностью полей, скоростью протекания жидкости, химическим составом жидкости и др. Во многом это связано с использованием сложных и неоднозначных индикаторов: урожайность, здоровье и др. Следует отметить также, что эксперименты с биологическими объектами, бетонами занимают много времени, когда процессы релаксации за счет теплового движения могут погасить или замаскировать эффект воздействия. В таких экспериментах можно давать только качественную оценку связи свойств воды с производимым воздействием. Современные исследования показывают, что нет никаких оснований предполагать реальную возможность возникновения, и тем более длительного сохранения каких-либо изменений под действием относительно слабых, например, магнитных полей в воде, находящейся в состоянии термодинамического равновесия. В связи с этим, вероятно, действие магнитного поля при водообработке может проявиться только в термодинамически неравновесных системах, т.е. системах, находящихся в неустойчивом состоянии. Такая неравновесная система может возникнуть в диамагнитной воде при наличии даже незначительного количества примесей. При этом изменения свойств воды могут быть связаны с образованием некоторых супернадструктурных образований, время жизни которых относительно велико. Появление таких образований зафиксировано экспериментально исследованием лазерного излучения, взаимодействующего с водными растворами электролитов и неэлектролитов. Высказано предположение, что эти образования имеют кластерную природу. Появление новых, пусть только относительно устойчивых образований говорит об изменениях структуры воды в целом. Параметрами структуры, которые можно определить радиофизическими методами, являются: корреляционное число (число ближайших соседей) и энтропия активации. Корреляционное число можно оценить из измеренных значений статической ДП, а изменение энтропии связано со временем релаксации:

$$\Delta S = R\left(\frac{T}{\tau}\cdot\frac{d\tau}{dT}+1+\ln\frac{\tau kT}{h}\right),$$

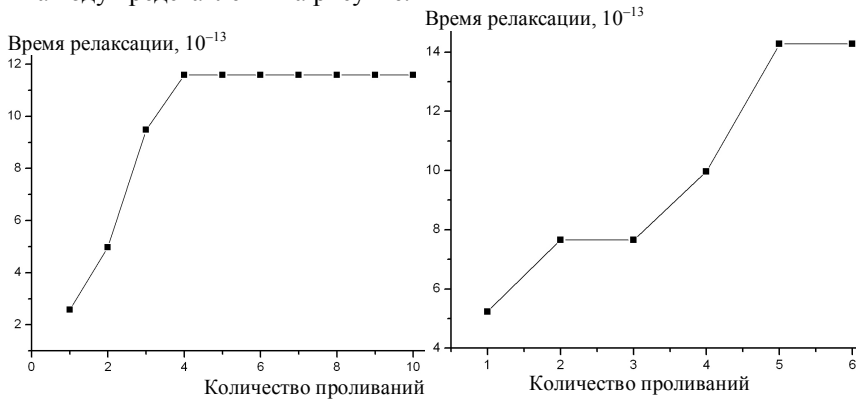
где $\Delta S$ – изменение энтропии активации, $R$ – газовая постоянная; $\tau$ – время диэлектрической релаксации; $h$ – постоянная Планка; $k$ – постоянная Больцмана; $T$ – температура в градусах К [5, 6]. Время релакса-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ции определяется из спектров ДП в микроволновом диапазоне электромагнитного излучения по формуле: $2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot \tau = 1$, где $f_p$ – частота, на которой наблюдается максимум мнимой части комплексной ДП. Время релаксации, таким образом, является структурно чувствительной характеристикой – с его изменением можно количественно связать изменения структуры жидкости при различных воздействиях. Измерение времени релаксации современными измерительными методами может быть произведено достаточно быстро, непосредственно после воздействия. Исследование времени релаксации может выявить закономерные связи параметров воздействия с потребительскими характеристиками воды и ее физической структурой. Радиофизический метод позволяет исследовать область аномальной дисперсии диэлектрической проницаемости, которая характеризуется резкими изменениями действительной и мнимой составляющих.

Результаты исследования воздействия магнитной системы МАУТ на воду представлены на рисунке.




Зависимость времени релаксации от числа проливаний водопроводной воды через магнитную систему МАУТ

Система МАУТ (магнитное активирующее устройство томское, ТУ 4932-01-25968286-2003) создано для первичной очистки воды от железа, в избытке находящегося в природной воде. Магнитная система построена на основе магнитов, расположенных таким образом, чтобы обеспечить оптимальные условия для контакта с протекающей водой. Представляет собой шесть плоских контейнеров, расположенных радиально. В устройстве МАУТ используются изготовленные по новым технологиям, отобранные и протестированные высокоэнергетические постоянные магниты NdFeB (неодим–железо–бор), запаянные в кожух



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

из нержавеющей стали. В каждой из шести граней магнитной части МАУТа содержится по 4 магнита.

Достаточно большая напряженность магнитного поля на поверхностях контейнеров, содержащих магниты и, что вероятно более существенно, наличие значительного градиента поля обеспечивают перевод воды в неравновесное термодинамическое состояние, изменяют ее структуру и изменяют время релаксации, которое измеряется в результате экспериментальных исследований.

Рост времени релаксации может быть связан с образованием более тяжелых кластеров под действием магнитного поля, взаимодействующего с жидкостью во время протекания ее через магнитную систему.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Сусляев В.И., Монголина Н.А., Павлова А.А. Изменение удельной проводимости дистиллированной воды при воздействии постоянным магнитным полем. // Известия вузов. Физика. 2006. № 9. Приложение. С. 127–128.

2. Гак Е.З. Гидродинамические эффекты в водных средах в электрических и магнитных полях // Инженерно-физический журнал. 1982. Т. XLIII, № 1. С. 140–153.

3. Санкин Г.Н., Тесленко В.С. Инерционность изменения электропроводности воды в слабых постоянных магнитных полях // Журнал технической физики. 2000. Т. 70, Вып. 3. С. 64–65.

4. Цыганок Ю.И., Еремина А.Н., Горленко Н.П. и др. Модифицирование свойств воды и водных растворов электромагнитными полями и излучениями // Архитектура и строительство: Тез. докл. науч.-техн. конф. Томск, 1999. С. 46–47.

5. Шахпаронов М.И. Механизмы быстрых процессов в жидкостях. М.: Высшая школа, 1980. 351 с.

6. Кочеткова Т.Д. Температурные зависимости спектров диэлектрической проницаемости воды и водных растворов спиртов в области релаксации: Дис. … канд. физ.-мат. наук. Томск: ТГУ, 2003. 125 с.

## ВЫБОР МЕТОДИКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОТОКСИЧНОСТИ НАНОЧАСТИЦ $TiO_2$ ПО СМЕРТНОСТИ НИЗШИХ РАКООБРАЗНЫХ DAPHNIA MAGNA STRAUS

***Е.Н. Понявина, студентка 5-го курса;***
***И.А. Гостева, мл. науч. сотр.;***
***Т.Г. Моргалева, вед. науч. сотр. центра «Биотест-Нано», к.б.н.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭ; ТГУ*

В настоящее время для определения интегральной оценки экотоксичности наноматериалов и наночастиц широко используются традиционные методы экотоксикологии – методы биотестирования с ис-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

пользованием гидробионтов, в том числе с использованием тест-организма Daphnia magna Straus. Общепризнанными в России являются методики, которые внесены в Федеральный реестр [1,2] и Методические рекомендации [3], за рубежом – EPA-821-R-02-012 [4]. Основное отличие в указанных методиках заключается в условиях экспозиции ветвистоусых рачков. Выбор методики для определения экотоксичности наночастиц по смертности низших ракообразных базировался на их чувствительности к модельному токсиканту и наличию наночастиц в тест-системе.

В данной работе получены данные исследования экотоксичности наночастиц $TiO_2$ размерностью 5, 50, 350 нм. Перед исследованием проведена стандартная процедура определения диапазона реагирования тест-организмов на модельный токсикант $K_2Cr_2O_7$. Установлено, что концентрация, вызывающая гибель 50% дафний в течение 24 ч, соответствовала требованиям условий методик [1, 2] и находилась в интервале 0,9–2,0 мг/дм$^3$.

Установлено, что низшие ракообразные более чувствительны к модельному токсиканту при их экспонировании в стаканах (рис. 1), чем в пробирках. Более высокая чувствительность тест-организма при экспонировании в стаканах может быть связана с тем, что во время культивации рачков в стаканах, в отличие от пробирок в УЭРах, не проводится дополнительная аэрация среды, вследствие чего поступление кислорода в воду, необходимого для дыхания рачков, затруднено. В связи с этим увеличивается показатель смертности тест-организмов в присутствии токсиканта.

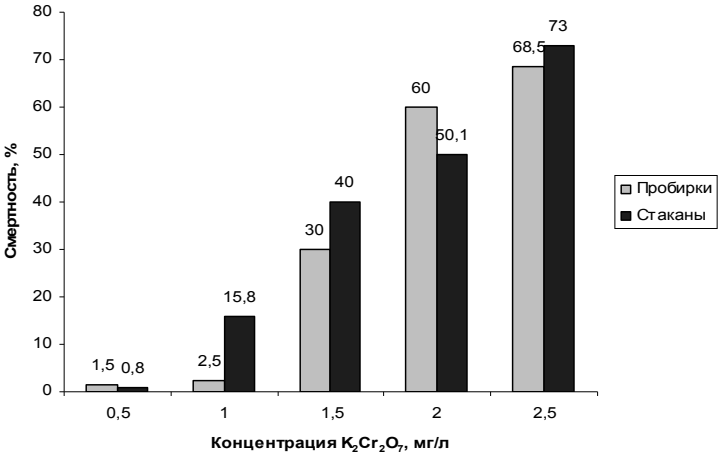



Рис. 1. Смертность рачков дафний в модельном токсиканте при разных концентрациях



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Активный газообмен между жидкой и газовой фазами в пробирках обеспечивается вращением кассеты. В отличие от экспериментов с модельным токсикантом в экспериментах с наночастицами $TiO_2$ более высокая чувствительность Daphnia magna отмечена при экспозиции рачков в устройстве для экспонирования рачков (УЭР), что выражается в достоверных отличиях показателя смертности:

– при культивировании рачков в стаканах наблюдалась практически 100% выживаемость рачков;

– при экспозиции в УЭРах в отдельных случаях выживаемость составляла 80–90%.

Полученные данные, вероятно, связаны с поддержанием исходной концентрации тестируемой дисперсной системы за счет сохранения НЧ $TiO_2$ в «подвешенном» состоянии, которое обеспечивается вращением кассеты с пробирками. Данный факт подтверждается исследованиями, проведенными сотрудниками центра «Биотест Нано» ТГУ [5].

На основании полученных данных можно сделать заключение, что модифицированная методика ПНД Ф 14.1:2:4.12-06 16.1:2.3.3.9-06 [2] при определении экотоксичности наноматериалов имеет ряд преимуществ:

– длительность экспозиции 48 ч;

– в тест-систему с наноматериалами не вносятся клетки водоросли (корм для рачков), которые кумулируют наночастицы $TiO_2$;

– обеспечиваются одинаковые условия экспонирования рачков: аэрация, температура, освещенность;

– обеспечиваются конвекционные потоки, характерные для естественных водоемов.

Следовательно, для определения острой экотоксичности наночастиц $TiO_2$ целесообразно использовать методику с экспозицией тест-организма Daphnia magna Straus в течение 48 ч в стандартных условиях, которые обеспечиваются применением УЭР, встроенного в климатостат, что позволяет снизить трудоемкость процедуры биотестирования и повысить чувствительность тест-организма Daphnia magna Straus к наличию в тест-системе наночастиц.

Показано, что при экспозиции рачков дафний в дисперсной системе с наночастицами $TiO_2$ разной размерности (5, 50, 350 нм) в течение 48 ч показатель смертности не превышает 10%, что говорит об отсутствии острой токсичности тестируемых образцов (рис. 2).

Увеличение длительности эксперимента в УЭРах (до 96 ч) с внесением корма, согласно условиям содержания тест-организма в пролонгированном эксперименте, усиливало экотоксичность ДСНЧ $TiO_2$ 5 нм, поскольку клетки хлореллы накапливают наночастицы (коэффициент накопления к пятым суткам составлял более 100) [6].



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

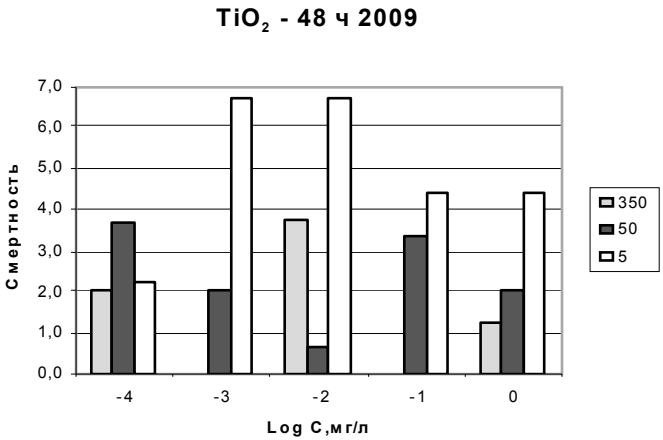



Рис. 2. Смертность рачков дафний (в %) в ДС НЧ $TiO_2$ размерностью 5 нм, 50 нм и 350 нм

Установлено, что показатель смертности рачков практически при всех изученных концентрациях ДС НЧ $TiO_2$ размерностью 5 нм превышал величину смертности при их экспонировании в ДС НЧ $TiO_2$ размерностью 50 и 350 нм. Отмеченная в отдельных случаях смертность Daphnia magna (10–20%), превышающая безвредную концентрацию (гибель более 10%), говорит о целесообразности проведения хронического эксперимента.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов питьевой, сточной и природной воды по смертности и изменению плодовитости дафний. ФР.1.39.2007.03222. М.: АКВАРОС, 2007. 48 с.

2. Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной, природной воды по смертности тест-объекта Daphnia magna Straus (ПНД Ф 14.1:2:4.12-06 16.1:2.3.3.9-06). М., 2006.

3 Оценка безопасности наноматериалов in vitro и в модельных системах in vivo (МР 1.2.2566 – 09). М., 2009.

4. Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms. U.S. Environmental Protection Agency, 2002. EPA-821-R-02-012.

5. Методические основы выбора лабораторных тест-организмов для оценки экотоксичности наночастиц и наноматериалов. Томск, 2010. 133 с.

6. Аккумуляция техногенных наночастиц в гидробионтах. Моргалёв Ю.Н. и соавт. Российские нанотехнологии: сетевой журн. 2010 http://www.nanorf.ru



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ ПОЧВЫ И РАСТЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ*

***Е.И. Шмидт, Е.Ю. Мосина – студентки 4-го курса***
*г. Томск, ТУСУР, каф. радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга, fialkovaya@yandex.ru*

В настоящее время основной упор делается на минимизацию и ликвидацию ущерба, который наносят окружающей среде крупные промышленные предприятия. А о таких источниках загрязнения, как автомойки, котельные, заправочные станции, говорится довольно мало.

Конечно, вклад этих предприятий в загрязнение окружающей среды в сравнении с градообразующими объектами незначителен, но день ото дня подобного рода организаций становится больше и больше, и, следовательно, возрастает их влияние.

В данной работе мы исследовали образцы почв и растений с территории котельной.

Накопление вредных веществ в почве способствует уменьшению почвенного плодородия, своеобразному засолению почв, гибели полезной микрофлоры, нарушению роста, отравлению корневых систем и нарушению минерального питания. Растения из-за своей ограниченности в передвижении также являются хорошими объектами для наблюдения за влиянием, которое оказывает на них загрязнение окружающей среды.

Для исследования проб почвы и растений на содержание ионов металлов используют физико-химические методики [1].

Мы исследовали содержание ионов металлов в почвенных образцах по стандартной методике [1]. Исследования проводились в Парабельском районе Томской области.

Согласно методике [1] осенью 2009 г. (сентябрь) нами были заложены разрезы на территории котельной, которая находится на расстоянии 0,2 км от оживленной трассы. Образцы в разрезе отбирались по двум глубинам: 0–10 и 10–20 см.

По методике [1] готовили почву к анализу и исследовали водную почвенную вытяжку на содержание карбонат-ионов, сульфат-ионов и ионов натрия и железа.

Определяя кислотность почвы, установили, что pH на глубинах 0–10 и 10–20 см был 7,02 и 6,63 соответственно.

* Выполнено в рамках проекта ГПО – 0811 – «Мониторинг объектов техногенного воздействия».



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Кроме почвенных образцов, мытак же исследовали с помощью физико-химических методик [1] и образцы растений, которые были взяты с территории той же котельной в Парабельском районе.

Определялась также и нагрузка территории по методике [2].

Результаты исследований представлены в табл. 1–3.

Таблица 1

**Результаты подсчета автомобилей на территории котельной**

| Вид автомобиля | Время | Количество |
|---|---|---|
| Легковые | 8–9 | 56 |
| | 12–13 | 32 |
| | 18–19 | 30 |
| Грузовые | 8–9 | 10 |
| | 12–13 | 7 |
| | 18–19 | 3 |
| Автобусы | 8–9 | 5 |
| | 12–13 | 2 |
| | 18–19 | 0 |

Таблица 2

**Содержание ионов металлов в почвенных образцах**

| Почва / Ионы | 0–10 см | 10–20 см |
|---|---|---|
| Карбонат-ионы | Не определено | Низкое содержание |
| Сульфат-ионы | Низкое содержание | Низкое содержание |
| Ионы натрия | Не определено | Не определено |
| Ионы железа | Не определено | Не определено |

Таблица 3

**Содержание ионов металлов в образцах растений**

| Растение | Содержание ионов железа | Содержание ионов серы |
|---|---|---|
| Подорожник | Насыщенный оранжевый цвет раствора | Небольшое количество осадка |
| Клевер | Яркий оранжевый окрас раствора | Небольшое количество осадка |
| Крапива | Не определено | Небольшое количество осадка |
| Лопух | Насыщенный оранжевый цвет раствора | Небольшое количество осадка |
| Тысячелистник | Не определено | Небольшое количество осадка |

В результате проделанной работы мы выяснили, что заметных отклонений в почвенных образцах нет, а подорожник и лопух являются наиболее чувствительными и способны накапливать ионы железа.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Ашихмина Т. Я. Экологический мониторинг. М.: «Академический проект», 2006.

2. Несмелова Н. Н. Прикладная Экология. Томск: ТУСУР, 2007.

## ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ – КТО ВИНОВАТ?

***В.В. Шмырина, Т.В. Цой, Н.С. Колчева, студентки;***
***С.А. Полякова, доц.***
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, shv@sibmail.com, lief_09@sibmail.com, karrera91@mail.ru*

Одной из острых экологических проблем настоящего времени является парниковый эффект – потепление климата на планете в результате накопления в атмосфере «парниковых газов», препятствующих тепловому излучению с поверхности Земли [1].

Многие считают, что усиление воздействия парникового эффекта на планету происходит благодаря человеку. Его неразумное потребление ресурсов приводит к гигантским выбросам парниковых газов, вызывающих рост температуры. Такой вывод следует из многих моделей климата, которые составляют в разных лабораториях мира. Многолетние наблюдения показывают, что в результате хозяйственной деятельности изменяются газовый состав и запыленность нижних слоев атмосферы. Определения состава воздуха показывают, что сейчас в атмосфере Земли углекислого газа стало на 25% больше, чем 200 лет назад. Это, по мнению ученых, результат хозяйственной деятельности человека, а также вырубки лесов, зеленые листья которых поглощают углекислый газ [2].

Но существуют и альтернативные точки зрения. Так, свой взгляд на ситуацию с климатом представил на президиуме РАН директор Института географии РАН, академик В. Котляков. Его мнение подтверждает работа европейских ученых, доказавшая, что в случившемся 55 млн лет назад глобальном потеплении нет вины парниковых газов. В то время средняя температура Мирового океана составляла 23 градуса, а воздух на планете прогрелся в среднем на 5–6 градусов всего за несколько лет. Ученые доказали, что «парник» мог вызвать рост температур не более чем на три градуса. Вывод, который можно на их основании сделать, любопытен: три предыдущих межледниковья (а мы сейчас живем в такой же период) были гораздо теплее по сравнению с нынешним. Иными словами, глобальная температура в современную эпоху все еще на 1,5–2 градуса ниже, чем была в то время. А ведь тогда на Земле еще не было человека, и вину за природные катак-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

лизмы возлагать не на кого. Отсюда, по мнению Котлякова, следует, что хотя деятельность человека и может воздействовать на климат, но колебания температуры на Земле не выходят за рамки естественных изменений, присущих всей последней геологической эпохе [3].

Обратим внимание также и на исследования, проведенные специалистами Национального аэрокосмического агентства. Они подтвердили, что усиление активности Солнца также ответственно за «парниковый эффект». С 1980 г. яркость солнечного света увеличивается на пять сотых процента в десять лет. «Если эта тенденция сохранится, то через несколько десятков лет климат на Земле изменится кардинально», – заявил руководитель исследования доктор Ричард Уиллсон. Кроме того, парниковый эффект связан с повышением концентрации углекислого газа в воздухе. Он проявляется в нагреве внутренних слоев атмосферы. Это происходит потому, что часть солнечных лучей поглощается атмосферой, а другая часть отражается от поверхности планеты, и это излучение поглощается молекулами углекислого газа, что способствует повышению средней температуры Земли [4, 5].

В последнее время, отмечает журнал «Наука и жизнь», сторонники неантропогенного «парникового эффекта» находят новые доказательства его природного характера. К примеру, усиление солнечной радиации и сульфатные брызги, выбрасываемые при вулканических извержениях. Попадание в атмосферу парниковых газов из недр Земли происходит также в результате излияния гигантских объемов магмы. Содержатся эти газы и в флюидах глубинных геосфер, которые сложены смесью воды и углекислого газа с примесями окиси углерода, азота, водорода, метана и других углеводородов. Можно сделать вывод, что излияния гигантских объемов магм могут быть причиной увеличения воздействия парникового эффекта [6].

Как мы видим, существуют различные точки зрения на рассматриваемую тему. Одни считают, что причина всему – человек. Другие утверждают, что выбросы из вулканов метана и углекислого газа всему вина, третьи – усиление активности Солнца и увеличение солнечной радиации, четвертые доказывают рост парникового эффекта еще до появления человека… А ведь это далеко не все мнения. Лично мы, проанализировав и ознакомясь с различными взглядами, придерживаемся точки зрения не только академика Котлякова, но и академика Верещагина, который, исследуя причины вымирания мамонтов в Сибири, показал цикличность смены значительных периодов похолодания на периоды не менее значительного потепления в неолите, что повлияло на гибель данных животных. Выявлено четыре таких цикла, последний период потепления в том же неолите продолжается уже 13,5 тыс. лет.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Есть также данные о том, что в середине голоцена (10 тыс. лет тому назад) содержание углекислого газа в атмосфере составляло не сотые доли процента, как в настоящее время, а от 10 до 15 процентов. И это тогда, когда человек задымлял небо лишь кострами [7].

Как показывают данные, приведенные на Киотском саммите по выбросам в атмосферу парниковых газов, за 150 лет промышленной революции температура тропосферы повысилась лишь на один градус, что незначительно выбивается из общей ритмичности данного процесса за 13,5 тыс. лет современного потепления. В этой связи можно говорить лишь о том, что человек, добавляя в атмосферу продукты техногенной деятельности, ускоряет природную цикличность или, по крайней мере, активизирует природные катаклизмы, связанные с этой самой цикличностью. Говорят, однако, что у природы нет плохой погоды, а потому приходится мириться с проявлениями климата, в котором мы живем, и бороться не с ними, а с выбросами вредных, по нашему мнению, газов и иных веществ в атмосферу, которые отрицательно влияют на здоровье народонаселения. Однозначного мнения по данной проблеме, к сожалению, до сих пор нет. Эта тема была, есть и будет актуальной до тех пор, пока этот вопрос не будет решен [8].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Полякова С.А. Учение об атмосфере: Учебное пособие. Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2005. 184 с
2. http://www.vmdaily.ru
3. http://www.rg.ru
4. http://anomalia.kulichki.ru
5. http://www.izvestia.ru
6. http://www.gazeta.ru
7. Верещагин Н.К. Почему вымерли мамонты
8. Протасов В.Ф. Экология: законы, кодексы, экологическая докторина, Киотский протокол, нормативы, платежи, термины и понятия, экологическое право: Учеб. пособие. 2-е изд. М.: Финансы и статистика, 2005. 380 с.

## ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, СВЯЗАННЫЕ С ВЕСЕННИМИ ПОЛОВОДЬЯМИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

***М.И. Толмачёв, Е.С. Мингараева, студенты; С.А. Полякова, доцент; С.Я. Трапезников, науч. рук., председатель комитета экологической безопасности урбанизированных территорий***

*г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, judik_3@mail.ru*

Существует ряд проблем, вызываемых весенне-осенними половодьями, в частности половодьями малых рек города Томска. Значи-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

тельные паводки обычно губительно сказываются на прилегающие к рекам территории. Происходит, прежде всего, подмыв жилых построек, вплоть до их разрушения. Вымываются плодородные слои почв, что ведёт к полному или частичному уничтожению садовых, дачных, огородных участков. Также очень часто реки затапливают места общественных свалок мусора, что, в свою очередь, ведёт к вспышкам инфекционных заболеваний, не говоря уже о пагубном влиянии на русло самой реки.

Нередко указанные чрезвычайные ситуации сопровождаются человеческими жертвами.

В своей работе мы рассмотрели создавшуюся чрезвычайную ситуацию, связанную с весенним половодьем р. Ушайки (одна из малых рек города).

Общая протяженность р. Ушайки составляет 78 км. Площадь водосборного бассейна равна 744 км$^2$. На участке реки общей протяженностью 13 км зона возможного затопления составляет 6,125 км$^2$ (616,5 га) [1].

Река Ушайка относится к рекам с весенним половодьем, максимумом в начале мая, с летними и осенними паводками. Берега высотой до 3 м. Из-за незначительной глубины при низких уровнях в осенний период наблюдается образование внутриводного льда. В зимний период наблюдаются незначительные забереги.

В период весеннего половодья на р. Ушайке проходит ледоход различной интенсивности, длящийся в среднем около недели и, как правило, сопровождаемый образованием ледовых заторов.

В весенний период 2009 г., в конце мая, воды р. Ушайки выходили на пойму в районе ул. Новокарьерной и Приречной, затапливало ул. Короленко, Сычева, Юргинскую, отмечалось подтопление садовых участков СНТ «Восход-1» в районе ж/д моста и садовых участков пос. Заварзино, а также н.п. М. Протопопово, Мирный, мкр. Степановка, Восточный.

В результате сильного зарастания русла и поймы р.Ушайки, а также повышения уровня дна, резко возрастает риск затопления зоны проживания 4360 жителей г. Томска, разрушения инженерной инфраструктуры микрорайонов Степановка и Восточный. В результате обильного снеготаяния и выпадения осадков в период с 29.04 по 01.05 2006 г. произошел резкий подъем уровня воды и разлив р. Ушайки. В мкр. Степановка были подтоплены подвалы в 10 домах, нарушено автомобильное сообщение в микрорайонах Степановка и Восточный, а также произошло затопление государственной конюшни, в которой находилось 40 голов породистых лошадей. Подобное затопление происходило и в 2003 г. Для проведения аварийно-спасательных работ



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

привлекались силы и средства мэрии г. Томска в количестве 15 единиц спецтехники, в том числе откачивающей – 5, личного состава – 57 человек. Расчетный прямой экономический ущерб от негативного воздействия вод на этих территориях в ценах 2008 г. составляет 89,463 млн руб.

В пос. М. Протопопово протяженность участка затопления более 800 м. В зоне затопления находится 18 жилых домов, расположенных на пойме, с общим количеством проживающих 55 человек, хозпостройки, ЛЭП протяженностью 1,5 км, участок автодороги районного значения протяженностью 1,0 км, низководный мост, разделяющий две части села. При этом нарушается жизнедеятельность села, около 40 домов с числом жителей до 70 человек остаются без автомобильного сообщения с противоположной частью села. В период половодья, в результате подпора со стороны р. Ушайка происходит перелив участка автодороги в н.п. Бол. Протопопово, возникает угроза его размыва.

По пер. Нижний на верховом откосе реконструируемой ограждающей дамбы пос. Восточный наблюдался размыв с обрушением масс грунта.

В районе золоотвала Томской ГРЭС-2 срезанный кустарник и мелколесье не убраны, в результате чего наблюдался снос древесного мусора, что приводит к засорению водопропускных сооружений, расположенных ниже в городской черте.

Значительные затопляемые площади в долине р. Ушайки занимают садовые участки и огороды, на территории которых находятся выгребные ямы, бани, навоз и скопления бытового и строительного мусора.

Засорение долины и русла р. Ушайки, отмечаемое особенно в черте города, может послужить причиной (дополнительной) затопления прилегающих территорий во время весеннего половодья. Поэтому первоочередным в системе мероприятий должна стать расчистка русла реки для обеспечения нормальной проточности в весенне-летне-осенний период. Далее должен последовать еще целый комплекс неотложных для р. Ушайки мер, таких как защита селитебной территории города от наводнений, берегоукрепление, очистка сточных и ливневых вод до нормативных требований, создание культурных ландшафтов [1].

Из слов мэра города Н. Николайчука о ситуации на 2009 г: «Подготовительную работу по прохождению весеннего паводка город начинает заблаговременно. Ведутся работы по очистке русла реки Ушайки».

Так, в 2008–2009 гг. производилась расчистка русла р. Ушайки с целью увеличения пропускной способности реки и снижения риска последствий нарушения жизнедеятельности населения г. Томска, вследствие наводнения и другого вредного воздействия вод. В 2009 г.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

была проведена расчистка на участке от пр. Комсомольского до автодорожного моста в п. Степановка [2].

Всё же, учитывая эти обстоятельства, проведенные работы можно рассматривать как первый этап мероприятий по защите селитебных территорий от подтопления и затопления. В дальнейшем необходимо завершить работы по реконструкции защитных сооружений в мкр. Восточный и провести их в районе мкр. Степановка. Для устранения негативного воздействия вод на жилые объекты в районе ул. Юргинской и на мичуринские участки необходимо проведение дноуглубительных работ в районе садоводческого некоммерческого товарищества «Восход-1».

Согласно проведенному расчету по Методике оценки вероятностного ущерба… 2009 г., величина прямого экономического ущерба от негативного воздействия вод р. Ушайка в пределах Томской области составляет 104 млн 833 тыс. 020 руб. (в ценах 2009 г.) [2].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Состояние геологической среды на территории Томской области в 2009 г. Томск: ОАО «Томскгеомониторинг», 2009.

2. Гронн Д. Готовь ложку зимой // Доктор нашего района: Санитарный бюллетень. 2010. февраль.

## SVD-МОДЕЛИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ

***А.В. Тунгусова, студентка***

*г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, snusmumrik@t-sk.ru*

Информация о параметрах атмосферы, например таких, как температура, плотность, концентрация газов, необходима для большого числа различных областей деятельности человека: авиация, сельское хозяйство, экологические организации и т.д.

Особый интерес представляет концентрация углекислого газа ($CO_2$) и метана ($CH_4$), так как содержание именно этих газов в атмосфере наиболее значимо для изучения экологических вопросов, в том числе такого вопроса, как потепление климата, и – актуально для территории Западной Сибири, где расположены болота и крупнейшие промыслы добычи нефти и газа.

Определение параметров атмосферы осуществляется по данным спутникового прибора (рис. 1). Измерения проводятся для разных высот 4 раза в день. Таким образом, только для одной точки, обозреваемой спутником, требуется матрица, количество столбцов в которой 1460, а количество строк равно количеству высот (обозначим матрицу $A[M,N]$).



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

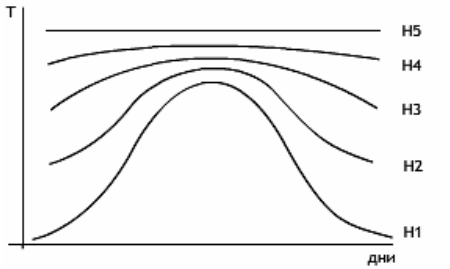


Рис. 1. Данные, измеренные спутниковым прибором

Обработка информации такого объема вызывает значительные затруднения, поэтому необходимо разработать такую модель, которая позволила бы получать необходимую информацию по данным меньшего объема. То есть найти такой алгоритм обработки данных, который позволил бы по части информации дать характеристику всех данных.

В данной работе рассматриваются метод оптимальной параметризации и SVD-разложение.

Метод оптимальной параметризации основан на использовании средних значений величины и матрицы ковариации ( $A[M,N]$ ), полученных из большого набора ранее измеренных данных. Согласно методу оптимальной параметризации рассматриваемую величину (например, температуру) можно представить в виде

$$T_{ij} = \overline{T_{ij}} + \tilde{T}, \quad j = \overline{1, M}; \; i = \overline{1, N};$$

где $\overline{T_{ij}}$ – среднее значение температуры, полученное по многолетним данным; $\tilde{T}$ – отклонение от среднего.

Для получения $\tilde{T}$ необходимо найти собственные векторы матрицы $A[M,N]$. Для этого используется SVD-разложение (singular value decomposition). Исходная матрица $A[M,N]$ представляется в виде произведения трех матриц:

$$A = U\lambda V^T,$$

где $U,V$ – матрицы, содержащие собственные векторы, а $\lambda$ – диагональная матрица собственных значений.

$$\begin{pmatrix} . & . & . \\ . & A & . \\ . & . & . \\ . & . & . \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} . & . & . & . \\ . & U & . & \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda & 0 & . & 0 \\ 0 & \lambda & . & . \\ . & . & \lambda & 0 \\ 0 & . & 0 & \lambda \end{pmatrix} \begin{pmatrix} . & . & . \\ . & V^T & . \\ . & . & . \end{pmatrix}$$



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Учитывая свойства матрицы собственных значений: значительно большее количество столбцов по сравнению с количеством строк и небольшие значения элементов – нет необходимости исследовать все значения, достаточно взять лишь некоторую часть (рис.2).

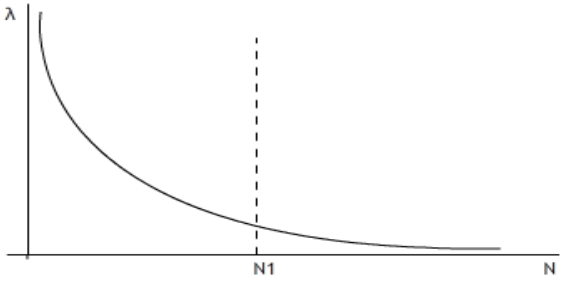



Рис. 2. Собственные числа

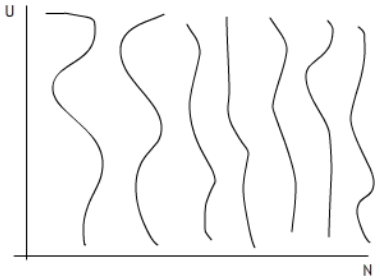



Рис. 3. Собственные векторы

Тогда выражение для получения температуры будет выглядеть так:

$$T_{ij} = \overline{T_{ij}} + \sum_i a_i U_{ij}, \quad j = \overline{1,M}; \quad i = \overline{1,N_1}; \quad N_1 < N$$

$U_{ij}$ – собственные векторы; $a_i$ – некоторый коэффициент.

Таким образом, чтобы получить значение величины (какого-либо параметра атмосферы), необходимо вычислить среднее значение, полученное по многолетним данным, и найти коэффициенты $a_i$, которые будут связаны с измеряемой функцией (спутниковым сигналом).

Существуют различные способы реализации SVD-разложения. Необходимо найти среди них оптимальный по точности и быстроте.

Целью работы является создание программы с оптимальным методом.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

# ПОДЗЕМНОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВОД

***Ю.Ф. Главацкий, к.т.н., доцент***
*г. Томск, ТГУ, guf@mail.tsu.ru*

Основные глобальные экологические проблемы второй половины XX – начала XXI в. во многом определяются последствиями осуществления ядерных оборонных программ. Стремительная, беспрецедентно быстрая их реализация обусловила выбранные методы решения многочисленных научно-технических и производственных задач. С этим связано и то, что человечеству не удалось избежать серьезных радиационных аварий, изменивших его отношение к проблемам безопасности, защите окружающей среды и охране здоровья людей.

Надежного метода захоронения жидких радиоактивных отходов в мире пока нет. О том, как быть с ними, ученые все еще спорят. Приемлемым считается вариант перевода жидких отходов в твердые. Полученные блоки хранят в специальных емкостях под строгим контролем, потому что и в отвержденном виде отходы продолжают выделять радиоактивные вещества, испускать радиационное излучение, нагреваться [1].

К жидким радиоактивным отходам относятся не подлежащие дальнейшему использованию органические и неорганические жидкости, пульпы и шламы, в которых удельная активность радионуклидов более чем в 10 раз превышает значения уровней вмешательства при поступлении с водой, приведенные в приложении П-2 НРБ-99. Они образуются:

– в процессе переработки радиоактивного минерального сырья;

– при работе атомных электростанций;

– в процессе эксплуатации и утилизации кораблей с ядерными установками;

– при производстве ядерного оружия и т.д.

Жидкие радиоактивные отходы собираются в специальные емкости, после чего направляются на захоронение. Они подразделяются на воды высокой активности – выше 1 Ku/л, средней активности – от 10–5 до 1 Ku/л и низкоактивные активность ниже 10–5 Ku/л. Запрещается сброс жидких РАО в хозяйственно-бытовую канализацию, водоемы, колодцы, скважины, на поля орошения, поля фильтрации и на поверхность Земли [7].

О необходимости надежного обращения с ЖРО говорит авария на производственном объединении «Маяк» 27 сентября 1957 г., где в одной емкости хранились отходы следующего состава: $NaNO_3$ – 200 г/л; $K_2Cч_2O_7$ – 5; $Fe(NO_3)_3$ – 3; NaAs – 60; $Cr(NO_3)_4 \times 9H_2O$ – 0,3; $Ca(NO_3)_2$ – 0,8. В содержимом банки выделялось тепло на уровне 70–102 ккал/ч, а



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

система охлаждения вышла из строя. В результате произошел тепловой взрыв с выбросом 20 млн кюри.

Радиоактивное облако накрыло многие объекты химкомбината «Маяк»: реакторные заводы, новый строящийся радиохимический завод, пожарную и воинские части, полк военных строителей и лагерь заключенных. Всего в двух полках и лагере находилось около трех тысяч человек [2].

В Окридже (США) жидкие радиоактивные отходы (РАО) нагнетались под землю вместе с раствором бетона. Таким образом, образовывался твердый монолит, препятствовавший на какое-то время дальнейшему распространению отходов [3].

Франция и Англия сливают радиоактивные воды в Атлантический океан, и они попадают в Баренцево и даже Карское моря.

С 1963 г. на СХК производится подземное захоронение радиоактивных вод низкого уровня активности и технологических отходов [4, 5]. В настоящее время полигон активно используется для раскачки наземных хранилищ РАО перед их ликвидацией и дезактивирующих растворов при выводе из эксплуатации остановленных производств.

Песчаные горизонты, в которые производится закачка РАО, отделены от водоносных горизонтов, используемых для централизованного водоснабжения двумя водоупорными слоями глин и промежуточным (буферным) водоносным горизонтом (рис. 1).

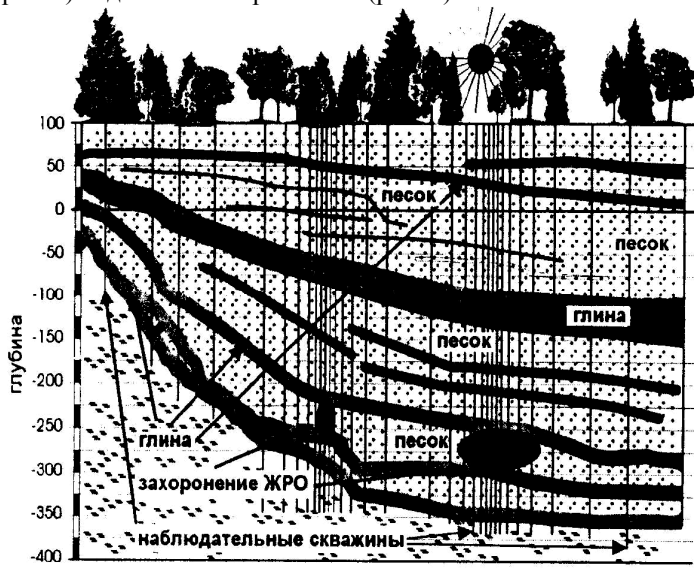



Рис. 1. Полигон жидких радиоактивных отходов СХК



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

С пуском полигона действует система геотехнологического мониторинга недр в районе расположения СХК и водозаборов. Мониторинг выполняется специализированным подразделением комбината. Сеть мониторинга включает в себя 143 контрольных скважины на полигоне, 58 за его пределами и 57 во 2-м и 3-м поясах санитарной охраны водозаборов. Используются гидродинамические, геофизические и геохимические методы мониторинга. Результаты краткосрочного прогноза, сделанного на основании данных компьютерного моделирования, показывают, что на момент планируемого окончания эксплуатации полигона моделирования (2015 г.) область распространения захороненных РАО останется в пределах границ полигона (рис. 2) [5].

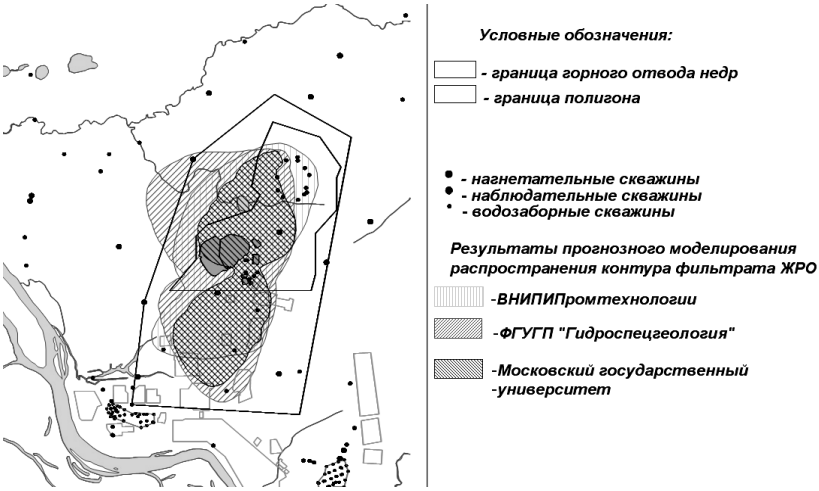



Рис. 2. Результаты прогнозного моделирования инертного компонента ЖРО в эксплутационном горизонте на 1000 лет [5]

В законе Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» в статье 54 записано: «Запрещается сброс отходов и канализационных стоков в... подземные водоносные горизонты» [6].

В Димитровоградском НИИ атомных реакторов жидкие радиоактивные отходы поначалу предполагалось упаривать и переводить в твердое состояние. Однако потом в этом атомном центре пошли по более дешевому пути. Здесь жидкие радиоактивные отходы стали просто-напросто закачивать под землю, а точнее, в глубинные водоносные пласты. Всего за время существования полигона закачано свыше 2 млн кубометров. Таким образом, рядом с Димитровоградом образовалось своего рода подземное радиоактивное море. И это смертонос-



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ное наследство продолжает ежемесячно пополняться тысячами кубометров радиоактивных отходов.

В состав подземного полигона захоронения жидких радиоактивных отходов «Северный» горно-химического комбината (ГКХ) в городе Железногорске Красноярского края входят 8 нагнетательных и 8 разгрузочных скважин. Общей западной границей подземных хранилищ ЖРО является вертикальная плоскость тектонического разлома, породы кристаллического фундамента по которой смещены по вертикали до 320 м, а пластичные слои глинистых водоупоров вытянуты вертикально, образуя тектонический экран, разобщающий подземные хранилища ЖРО в I и II горизонтах от русла Енисея на протяжении 20–25 км. Ввиду гидравлической изолированности полигона нагнетание технологических растворов возможно только при одновременной откачке эквивалентного объема пластовой воды из разгрузочных скважин. Откачиваемая вода используется для технических и бытовых нужд полигона, другие источники водоснабжения на полигоне отсутствуют. Технологические солевые растворы передаются на полигон «Северный» с радиохимического производства по подземному трубопроводу из стальных труб, уложенному в герметизированных железобетонных лотках.

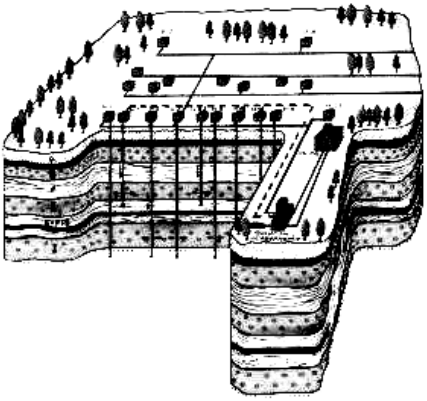


Рис. 3. Фрагмент подземной части полигона «Северный»

Эксплуатация полигона «Северный» сопровождается контрольными наблюдениями за распределением отходов в недрах, за протекающими там процессами и за состоянием окружающей среды подземных и поверхностных вод, воздуха, почвы и растительности. На полигоне имеется девяносто контрольных (наблюдательных) скважин. Герметичность трубопроводов контролируется регулярными контрольными замерами гамма- и бета-фона по трассе трубопровода. Как утверждают специалисты Минатома, глубинное контролируемое захоронение ЖРО позволило надежно изолировать от среды непосредственного обитания значительную часть образовавшихся отходов, избежать строительства потенциально опасных поверхностных хранилищ и



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

бассейнов и обеспечить удовлетворительное радиационное состояние прилегающей к промышленным объектам территории.

Хорошо известны недостатки наземных хранилищ радиоактивных вод:

– возможность разноса РАО ураганами (Челябинск, 1967 г.), животными (Северск);

– возможность проникновения их в подземные горизонты.

В то же время подземное захоронение ЖРО связано с большим риском.

Так, по мнению общественных экологических экспертов, геологическая изученность территории полигона «Северный» не отвечает требованиям сего дня для потенциально опасных объектов:

– гидрогеологическая изученность разреза горных пород, вмещающих хранилища ЖРО, является недостаточной;

– не оценена роль пластов бурого угля, хотя по правобережью р. Бол. Телль (рядом с полигоном) отмечаются выходы угольных пластов на поверхность. Движение «языков» отходов по угольным пластам представляет серьезную опасность, т.к. коэффициенты фильтрации здесь на два порядка выше, чем во вмещающих породах, а поведение углей в условиях перегрева и радиации изучено слабо;

– режимными наблюдениями сейсмической станции, установленной на полигоне «Северный», отмечаются постоянные естественные подвижки в земной коре до 9 мм, происходящие в процессе нагнетания ЖРО. В районе полигона зафиксированы кратковременные повышения уровня микросейсмического фона в 1,5–2 раза по сравнению с естественным [6].

– на полигон СХК делящиеся материалы интенсивно сорбируются песчано-глинистыми породами и скапливаются в устье скважин. Учитывая, что вода является замедлителем нейтронов, это создает угрозу накопления критической массы, достаточной для возникновения самоподдерживающейся цепной реакции.

Более 10 лет студенты-экологи ГГФ, ХФ и института биологии в порядке учебных экскурсий посещают остановленный атомный реактор ЭИ-2 и музей СХК и только дважды удалось побывать на полигоне захоронения радиоактивных отходов СХК. Студенты убеждаются в качественном изготовлении строительных конструкций и оборудования скважин, тщательном контроле за продвижением радиоактивных вод. Измеряют радиационный фон и фон в каньоне, где размещено оборудование скважины, и в конце концов убеждаются в безопасности технологии подземного захоронения на СХК [7].



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневский Ю.Г., Ирюшкин В.М., Кислов А.И. (Госатомнадзор России) и др. О регулировании безопасности при обращении с жидкими радиоактивными отходами, накопленными в водоемах-хранилищах ПО «Маяк», Сибирского химического комбината и горно-химического комбината // Вестник Атомпром.

2. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Под ред. Л.А. Ильина. М.: ИздАТ, 2001.

3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Cleanup of areas contaminated by past activities and accidents. Safety Series No. № WS-R-X (DS162) (in preparation), IAEA. Vienna, 2002.

4. Зубков А.А., Данилов В.В. Организация геотехнологического мониторинга в условиях одновременной эксплуатации полигона подземного захоронения жидких радиоактивных отходов и водозаборов подземных вод // Сибирь атомная. XXI век: Сб. тр. науч.-техн. конф. Томск, 2008. С. 143–147.

5. ЗубковА.А., Данилов В.В., Глинский М.Л. и др. Моделирование длительных последствий эксплуатации полигона подземного захоронения жидких радиоактивных отходов Сибирского химического комбината // Известия высших учебных заведений. Физика. 2004. №12. С. 227–231.

6. Пискунов М. Тайны подземного радиоактивного моря. «Индекс / Досье на цензуру». 2002.

7. Главацкий Ю.Ф. Особенности преподавания курса радиационной безопасности в ТГУ // Сибирь атомная. XXI век: Сб. тр. науч.-техн. конф. Томск, 2008. С. 161–164.



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

## СОДЕРЖАНИЕ

*СЕКЦИЯ 13*

## РАДИОТЕХНИКА

**С.Н. Бендак, Д.Н. Ушарова, А.А. Пшенников**
СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ
МОБИЛЬНЫХ AD-HOC-СЕТЕЙ ..... 9
**С.О. Чечулин, Т.А. Самсонова, К.В. Григорьева, Р.В. Литвинов**
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ
БЫСТРОГО УМНОЖЕНИЯ ДЛИННЫХ ЧИСЕЛ
В СРЕДЕ «MS VISUAL C++ 9.0» ..... 11
**А.И. Кураленко, В.В. Гордеев, А.А. Матвеев,**
**В.Ю. Гущин, Ю.В. Гриняев**
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОСТЕЙШИХ ОБРАЗОВ ..... 15
**А.И. Кураленко, В.В. Гордеев, А.А. Матвеев,**
**В.Ю. Гущин, Ю.В. Гриняев**
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ
ПРОСТЕЙШЕЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ..... 16
**А.В. Кашеутов, Н.С. Мясников, А.В. Томилов, Б.И. Авдоченко**
РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ..... 18
**Ж.Е. Каппасов, Е.С. Литвиненко, А.П. Павлов**
РАЗРАБОТКА ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА С ПОСТОЯННЫМ
ВХОДНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ..... 21
**Н.М. Харитонов**
МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНВЕРТОРОВ СКАЛЯРНОГО
АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА СК4М-18 ..... 24
**Б.О. Кладов, Р.С. Михайлов**
АУТЕНТИФИКАЦИЯ НА WEB-СЕРВЕРЕ ..... 27
**Б.О. Кладов, Р.С. Михайлов, И.А. Гаммершмидт**
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ..... 30
**А.Н. Колегов**
РАСЧЕТ ВОЛНОВОДНОГО СВЧ-МУЛЬТИПЛЕКСЕРА С-ДИАПАЗОНА .. 33
**Д.А. Конкин, С.О. Чечулин, Е.С. Юрков, С.А. Михнов,**
**А.А. Шибельгут, Р.В. Литвинов**
ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ МОД ОПТИЧЕСКИХ
ВОЛНОВОДОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ..... 36
**И.Н. Козлов**
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА АВТОТРАНСПОРТА ..... 38
**О.И. Макарова, М.А. Морозова, Л.А. Пляскина, О.Б. Салтанова**
ЛОКАЛЬНАЯ АУТЕНТИФИКАЦИЯ И МЕХАНИЗМЫ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАРОЛЯ ..... 41



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**И.О. Майборода, А.С. Майдановский**
РЕЖИМЫ РАБОТЫ АВТОГЕНЕРАТОРА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ КОНТУРОМ ПРИ ЁМКОСТНОЙ СВЯЗИ ..... 43
**Ф.А. Михеев, А.В. Фатеев**
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ШАЙБЫ ДЛЯ ВОЗДУШНОГО КОАКСИАЛЬНОГО ТРАКТА..... 46
**А.В. Кашеутов, Н.С. Мясников, А.В. Томилов, Б.И. Авдоченко**
РАЗРАБОТКА МОЩНОЙ РЕГУЛИРУЕМОЙ НАГРУЗКИ ..... 49
**В.О. Небелюк, Г.Н. Якушевич**
УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ ..... 51
**Л.С. Никифорова, А.Г. Давлятчин**
СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТ 1–2 ГГЦ..... 54
**М.С. Очередько, А.В. Кондратенко**
ТРЕХКАНАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ ПРИЕМНОЙ СИСТЕМЫ РАДИОЛОКАТОРА ..... 56
**М.С. Очередько, А.В. Кондратенко**
РЕАЛИЗАЦИЯ ФИЛЬТРОВ НИЖНИХ ЧАСТОТ С ШИРОКОЙ ПОЛОСОЙ ЗАГРАЖДЕНИЯ..... 59
**В.С. Ожогин**
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ БОРТОВОЙ ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ..... 61
**А.В. Рудиков, К.М. Резвов**
СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО УЧЕБНОГО МАКЕТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ УПОС ..... 64
**Ф.Б. Саламчев, А.В. Кондратенко, Г.Н. Якушевич**
МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ ДИАПАЗОНА 2–4 ГГЦ ..... 66
**М.А. Рытиков, Е.Е. Широков**
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ДИКТОРОНЕЗАВИСИМОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ..... 68
**К.Н. Штырхунов, Б.И. Авдоченко**
ГЕНЕРАТОР МОЩНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ НА ИК-ДИОДАХ..... 70
**Ф.А. Михеев и В.В. Щуров, А.В. Фатеев**
МОДЕЛИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННЫХ НАГРУЗОК ДЛЯ КОАКСИАЛЬНЫХ ТРАКТОВ ..... 73
**Л.В. Тимофеев**
СОВМЕСТНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И ВАРИАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ..... 75
**С.А. Ткачёва**
МИКРОПОЛОСКОВЫЙ ИЗБИРАТЕЛЬНЫЙ ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЙ ФИЛЬТР С ПАРОЙ ПОЛЮСОВ ЗАТУХАНИЯ..... 78
**А.А. Трубачев, А.В. Гражданкин, А.А. Шибельгут**
РАДИОЛОКАЦИЯ СЛОИСТЫХ СРЕД РУПОРНОЙ АНТЕННОЙ. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АНТЕННЫ В CST MICROWAVE STUDIO ..... 80



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**Е.Ю. Узолин, И.Г. Крюков**
ОДНОЗЕРКАЛЬНЫЕ АНТЕННЫ С ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПРОСТРАНТСВЕННОЙ ФОРМЫ (КОНТУРНОГО ЛУЧА) ..... 83
**В.В. Верховин, О.В. Костылёва, И.Ж. Токбаева, Ю.А. Воронина, Д.С. Добриков, А.А. Титов**
ВОЗБУДИТЕЛЬ МОЩНОГО СВЧ-ГЕНЕРАТОРА ..... 85
**Ю.А. Воронина, Д.С. Добриков, В.В. Верховин, О.В. Костылёва, И.Ж. Токбаева, А.А. Титов**
СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНЫМИ ГАРМОНИЧЕСКИМИ СИГНАЛАМИ ..... 89
**О.С. Воропаев**
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СОВОКУПНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ПРОВОДНИКОВ ..... 92
**И.В. Юнусов**
ВОЛНОВОДНЫЙ УПРАВЛЯЮЩИЙ МОДУЛЬ НА ОСНОВЕ МИС ДЛЯ РАБОТЫ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН ..... 95
**Е.С. Юрков, С.О. Чечулин, Д.А. Конкин, С.А. Михнов, А.А. Шибельгут, Р.В. Литвинов**
САМОВОЗБУЖДЕНИЕ ВЗАИМНО ОБРАЩЕННЫХ СВЕТОВЫХ ВОЛН В НАНОКОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМАХ ..... 98
**И.В. Антонишен, М.В. Южанин, В.И. Туев**
ИЗМЕРЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА ..... 101
**А.С. Загородний**
МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОДОВ ГОЛДА И М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ..... 103

## *СЕКЦИЯ 15*
## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

**В.И. Апасов, Ф.И. Яковлев**
МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ ..... 106
**М.Е. Егоренко, С.В. Шидловский**
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ УСТРОЙСТВ ..... 109
**В.С. Елесин, В.С. Шидловский**
КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ СТРУКТУРОЙ ..... 112
**Д.Н. Фёдоров, В.В.; Щербаков, И.В. Шакиров**
МЕТОД СЛЕЖЕНИЯ ЗА ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ОБЪЕКТА НА ПЛОСКОСТИ ПО ВИДЕОДАННЫМ ..... 114



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**А.Е. Карелин, Р.О. Черепанов, О.И. Черепанов**
АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ОДНОМЕРНОЙ ЗАДАЧИ ТЕЧЕНИЯ РАЗНОРОДНЫХ СРЕД ..... 117
**В.В. Титков, В.В. Щербаков, И.В. Шакиров**
МЕТОД КОРРЕКЦИИ ИСКАЖЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО УВЕЛИЧЕНИЯ В ВИДЕОПОТОКЕ ..... 120
**В.Я. Ерофеев, П.В. Выборнов**
ТЕПЛОВОЙ ПРИЕМНИК ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗ МЕТАЛЛА С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ ..... 122

*СЕКЦИЯ 16*

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

**В.В. Бондарь, А.А. Зенин**
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ СВЕТИЛЬНИК ..... 126
**К.В. Бородин, Г.Я. Михальченко**
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЕКТНОГО РЕЖИМА ИНВЕРТИРУЮЩЕГО DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ..... 129
**А.В. Гилёв, В.В. Дымов, А.В. Скороходов**
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ..... 132
**И.К. Идрисов, В.А. Федотов, В.Д. Семенов**
ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ДВУХТРАНСФОРМАТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ НАБРОСА ТОКА НАГРУЗКИ ..... 135
**А.Ю. Иванов, Г.Я. Михальченко**
АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ ТРЕХФАЗНОГО КОМПЕНСАТОРА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И МОЩНОСТИ ИСКАЖЕНИЙ ИМПУЛЬСНО-МОДУЛЯЦИОННОГО ТИПА В СРЕДЕ LTSPICE IV ..... 139
**А.С. Романенко, С.С. Какуев, В.Д. Семенов**
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ С ДИНАМИЧЕСКИМ ОСВЕЩЕНИЕМ В СРЕДЕ MATLAB ..... 142
**А.Н. Хромогин, А.В. Лашин, В.А. Федотов**
ИЗМЕРИТЕЛЬ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ..... 145
**А.А. Загваздин, А.Н. Легостаев, Н.С. Легостаев**
УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЕМ ПОВЫШАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ИМИТАТОРА ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ ..... 147
**А.Ю. Хуторной, А.В. Литвинов, В.Н. Учаев,**
**Д.О. Пахмурин, В.Д. Семёнов**
ЭЛЕКТРОТЕПЛОВАЯ АНАЛОГИЯ ПРИ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВАТЕЛЯ В ОБЛАСТИ ЖИВОЙ ТКАНИ ..... 149



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**Н.И. Никифоров, В.В. Рыжков, В.М. Саюн, В.Д. Семенов, В.А. Федотов, С.И. Арестов**
ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА РАБОТЫ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛИТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ЯЗЫКА UML ..... 152
**Д.О. Самойлов, А.В. Шарапов**
РАЗРАБОТКА USB-УСТРОЙСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ HUMAN INTERFACE DEVICE ДРАЙВЕРА..... 156
**П.С. Сарин, В.А. Федотов, В.Д. Семенов**
УСТРОЙСТВО ДЛЯ СНЯТИЯ ИЗОЛЯЦИИ С ПРОВОДОВ..... 159
**Д.В. Ксынкин, А.В. Шарапов**
РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ..... 162
**А.С. Урюпов, В.А. Федотов, А.В. Храмцов, В.Д. Семенов**
АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНЗИСТОРНЫМИ КЛЮЧАМИ ФОРМИРОВАТЕЛЯ АСИММЕТРИЧНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА (НАПРЯЖЕНИЯ)..... 165
**В.П. Усов, С.А. Бронов, В.Д. Семенов**
МИНИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ОБМОТКАХ ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ ПРИ ДВУХКАНАЛЬНОМ И ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ ..... 168
**Ю.В. Вачугова, Т.Б. Дарибаев, Д.О. Самойлов, Д.В. Святенко, А.В. Шарапов**
МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УДАЛЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ..... 173
**В.Ю. Войко, К.Ф. Матвеев, В.Д. Семенов**
ОСОБЕННОСТИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ 175
**В.С. Востриков, В.Д. Семёнов, С.В. Образцов, В.А. Федотов, А.М. Ивлева**
ИОНОМЕР С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКОЙ АНАЛИЗИРУЕМОГО ВОДНОГО РАСТВОРА ..... 178
**Д.В. Ксынкин, А.В. Шарапов**
ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ AVR С ИНТЕРФЕЙСОМ JTAG..... 181
**С.К. Земан, А.В. Осипов, А.В. Юшков**
ДВУХЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ ..... 184
**А.А. Загваздин, Н.С. Легостаев**
УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ИМИТАТОРА ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ ..... 187
**В.В. Зайцев, Р.С. Головня, В.Д. Семенов, С.В. Образцов, А.М. Ивлеева**
УСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНАЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ МЕТОДОМ ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИИ ..... 190
**Т.В. Гоффарт, Д.Ю. Каргаполов, С.Г. Михальченко**
УСТРОЙСТВО СВЯЗИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ПО USB-КАНАЛУ ..... 192



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**Р.Н. Киндеркнехт, А.В. Кручинкин,**
**К.С. Коротков, С.Г. Михальченко**
МОДЕЛЬ IGBT-ТРАНЗИСТОРА ДЛЯ СИЛОВОЙ ЧАСТИ
КОМПЕНСАТОРА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ
И МОЩНОСТИ ИСКАЖЕНИЙ ..... 195
**Д.И. Марин, А.А. Петренко, С.Г. Михальченко**
МОБИЛЬНЫЙ БЛОК АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
КОНТРОЛЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДЕ ..... 197
**А.А. Мошняков, А.В. Столбов, С.Г. Михальченко**
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОВЫМИ ЭФФЕКТАМИ ..... 200
**А.С. Хрущев, С.Г. Михальченко**
СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ СИЛОВОГО IGBT-ТРАНЗИСТОРА
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ
РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И МОЩНОСТИ ИСКАЖЕНИЙ ..... 203
**А.Я. Поровская, И.В. Шахрова, С.Г. Михальченко**
ЭЛЕКТРОННАЯ ШАХМАТНАЯ ДОСКА ..... 206

## *СЕКЦИЯ 17*
## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНИКЕ, ЭКОНОМИКЕ И МЕНЕДЖМЕНТЕ

### *ПОДСЕКЦИЯ 17.1*
### МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУКАХ

**А.Б. Мухтубаев, В.Ю. Рябчёнок, П.С. Киселёв,**
**Р.А. Альпимов, А.А. Ильин**
РЕАЛИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ПЕРВИЧНЫХ
ПАРАМЕТРОВ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПОЛОСКОВЫХ СТРУКТУР ..... 208
**А.А. Андреева, В.А. Гущин, А.Ф. Купрейчик,**
**В.В. Матвеев, О.Н. Минин**
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ
НАПРЯЖЕНИЕ – ДЕФОРМАЦИЯ ..... 211
**В.И. Апасов, Т.В. Гоффарт, Д.Ю. Каргаполов, Ф.И. Яковлев**
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
НАПРЯЖЕНИЯ ПОНИЖАЮЩЕГО ТИПА С ОНМ ..... 214
**П.Г. Бедарев, И.Г. Губин**
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АППАРАТА Е-СЕТЕЙ ..... 217
**С.М. Буркова, С.И. Колесникова**
ФИЛЬТРАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ
НА ОСНОВЕ ЯДЕРНЫХ ФУНКЦИЙ ..... 221
**А.Д. Чирков, А.С. Крупский**
ГРАФИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР ДЛЯ СИСТЕМЫ РАУМС ..... 223



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**В.А. Ефимов**
ТРЕХМЕРНАЯ КВАЗИСТАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМАЦИИ ШИН ..... 225
**А.В. Астанин, Е.К. Харик**
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАЛЕНИЯ МЕТАНА ИЗ ОБРУШЕННОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ ..... 228
**О.А. Кривцов**
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДА НЬЮТОНА И ЛЕВЕНБЕРГА–МАРКВАРДТА ДЛЯ ЗАДАЧИ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ..... 231
**А.А. Голубева, Н.А. Доброжинская, С.О. Лучкова, Д.А. Семыкина, Г.Ю. Цуленкова**
ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗА СВОЙСТВ НЕФТИ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ..... 234
**И.Б. Полукеев, М.В. Степаненко, М.А. Сурков, Н.В. Зариковская**
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ ..... 237
**К.В. Серебряков, с С.И. Колесникова**
СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ..... 238
**А.В. Шайдуко, Г.В. Ланский**
ПРОГРАММА «NLO – SECOND HARMONIC GENERATION. V.1» ..... 242
**А.В. Шайдуко**
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ САМОВОЗДЕЙСТВИЯ В НЕЛИНЕЙНЫХ КРИСТАЛЛАХ ..... 245

***ПОДСЕКЦИЯ 17.2***
**МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИМИТАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ЭКОНОМИКЕ**

**Т.В. Алина**
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ..... 248
**Т.И. Боровская, А.Н. Козлов, С.Ц. Тудупова**
ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ФИНАНСОВОГО ИНЖИНИРИНГА ..... 250
**В.А. Ефремов**
ОСНОВЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ЭКЗОТИЧЕСКИХ ОПЦИОНОВ ..... 252
**А.М. Гудов, Е.Д. Пфайф**
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ..... 255
**Н.А. Истомин**
МОДЕЛИРОВАНИЕ МУНИЦИПАЛЬНОГО ДОЛГА ..... 258
**А.С. Харебина**
КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ «КАК ЕСТЬ» И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ К ПРИЛОЖЕНИЮ «КРЕДИТ» ..... 261



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**А.В. Кулькова, И.Г. Боровской**
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЯ ХЕРСТА ДЛЯ ПРОГНОЗА ФИНАНСОВЫХ РЯДОВ ..... 263
**В.О. Потехина**
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ ПОЛИНОМНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ РЯДОВ ..... 266
**Т.И. Санец, В.А. Раевская**
МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ..... 268
**Е.А. Серкина, А.А. Мицель**
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕНЧУРНЫХ ПРОЕКТОВ ..... 270
**А.Д. Сторчак, И.Г. Боровской**
АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ ГАННА «КВАДРАТ ДЕВЯТИ» НА ПРИМЕРЕ ВАЛЮТНОГО РЫНКА ..... 275

## *СЕКЦИЯ 20*
## ЭКОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**М.С. Андреева, И.С. Баянова, Е.В. Клокова**
ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИИ НА СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ..... 277
**А.Н. Дутова**
ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПОЧВЕННУЮ МИКРОФАУНУ ..... 280
**М.О. Ивакина, К.А. Кубяк**
ОЗЕЛЕНЕНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ..... 282
**Е.В. Кабаева, М.И. Толмачёв, А.А. Чебодаева, Б.П. Базарсадаева, С.А. Полякова**
ЧТО МЫ ЗНАЕМ О БЖД ..... 284
**Т.В. Ковальская, Е.В. Нуянзина**
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОЛЬНОГО ОСТАТКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ..... 286
**Е.Н. Козлюкова, А.И. Гришин**
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ЛИДАРА ..... 288
**О.Н. Курбатова, С.Г. Селиверстова, Н.Н. Молчанова, Н.А. Коровина, С.А. Полякова**
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКИ ТОМЬ ..... 292
**Д.И. Любимова, В.В. Савченко**
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ЛЮДЕЙ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ ..... 295
**А.И. Миронов**
ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИМПЕДАНСА ПОЧВЫ ОТ ЕЕ ВЛАЖНОСТИ ..... 298



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

**Н.Н. Молчанова, Н.А. Коровина, А.Г. Селиверстова, О.Н. Курбатова, Т.В. Смолина**
ВЛИЯНИЕ АВАРИЙНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ ..... 300
**С.В. Никитченко, А.В. Трищ**
ЗНАЧИМОСТЬ СОСТОЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ Г. ТОМСКА ..... 304
**С.Н. Носов, Ю.Н. Моргалев, Т.Г. Моргалева**
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА ПО ХЕМОТАКСИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ИНФУЗОРИЙ PARAMECIUM CAUDATUM ..... 308
**Е.В. Нуянзина, Т.В. Ковальская**
ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПОЧВЕННУЮ ЭКОСИСТЕМУ ..... 311
**А.А. Павлова, В.И. Сусляев**
ИЗМЕНЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕЛАКСАЦИИ ВОДЫ, ОМАГНИЧЕННОЙ УСТРОЙСТВОМ МАУТ ..... 313
**Е.Н. Понявина, И.А. Гостева, Т.Г. Моргалева**
ВЫБОР МЕТОДИКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОТОКСИЧНОСТИ НАНОЧАСТИЦ $TiO_2$ ПО СМЕРТНОСТИ НИЗШИХ РАКООБРАЗНЫХ DAPHNIA MAGNA STRAUS ..... 316
**Е.И. Шмидт, Е.Ю. Мосина**
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ ПОЧВЫ И РАСТЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ ..... 320
**В.В. Шмырина, Т.В. Цой, Н.С. Колчева, С.А. Полякова**
ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ – КТО ВИНОВАТ? ..... 322
**М.И. Толмачёв, Е.С. Мингараева, С.А. Полякова, С.Я. Трапезников**
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, СВЯЗАННЫЕ С ВЕСЕННИМИ ПОЛОВОДЬЯМИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 324
**А.В. Тунгусова**
SVD-МОДЕЛИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ ..... 327
**Ю.Ф. Главацкий**
ПОДЗЕМНОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВОД ..... 330



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

## ДЛЯ ЗАМЕТОК



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

*Научное издание*

**Научная сессия ТУСУР-2010**

Материалы
Всероссийской научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
4–7 мая 2010 г., Томск, Россия
В пяти частях

Часть 4

Корректор – **В.Г. Лихачева**
Верстка **В.М. Бочкаревой**

Издательство «В-Спектр».
Сдано на верстку 13.03.2010. Подписано к печати 28.04.2010.
Формат 60×84 1/16. Печать трафаретная.
Печ. л. 21,6. Усл. печ. 20,35.
Тираж 150 экз. Заказ 24.

Тираж отпечатан в издательстве «В-Спектр».
ИНН/КПП 7017129340/701701001, ОГРН 1057002637768
634055, г. Томск, пр. Академический, 13-24, т. 49-09-91.
E-mail: bmwm@list.ru



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)