



Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 РАДИОКОНСТРУКТОРСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

 ФАКУЛЬТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

 ГУМАНИТАРНЫЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
БЕЗОПАСНОСТИ

 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

 ЮРИДИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ЗАОЧНЫЙ И ВЕЧЕРНИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ДИСТАНЦИОННОГО  
ОБУЧЕНИЯ

**ВЫБИРАЯ БУДУЩЕЕ,  
ВЫБИРАЙ TUSUR!**

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, каб. 129    E-mail: [onir@main.tusur.ru](mailto:onir@main.tusur.ru)  
Телефон/Факс: (3822) 900-100    Сайт: <http://tusur.ru/>

Информационный центр абитуриента: [magistrant.tusur.ru](http://magistrant.tusur.ru)

## НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2018



**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ  
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
16–18 мая 2018 г. (в пяти частях)**

**Часть 1**

**г. Томск**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)»

# **НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2018**

**Материалы**  
**Международной научно-технической конференции**  
**студентов, аспирантов и молодых ученых**  
**«Научная сессия ТУСУР–2018»**

**16–18 мая 2018 г., г. Томск**

**В пяти частях**

Часть 1

В-Спектр  
2018

**УДК 621.37/.39+681.518 (063)**

**ББК 32.84я431+32.988я431**

**Н 34**

**Н 34 Научная сессия ТУСУР–2018:** материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 16–18 мая 2018 г.: в 5 частях. – Томск: В-Спектр, 2018. – Ч. 1. – 270 с.

ISBN 978-5-91191-387-8

ISBN 978-5-91191-388-5 (Ч. 1)

Материалы Международной 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 автоматизированных систем 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 защиты информации. Представлены статьи по математическому моделированию в технике, экономике и менеджменте, антикризисному управлению, правовым проблемам современной России, автоматизации управления в технике и образовании, а также работы, касающиеся социокультурных проблем современности, экологии, мониторинга окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

**ISBN 978-5-91191-387-8**

**ISBN 978-5-91191-388-5 (Ч. 1)**

© Том. гос. ун-т систем управления  
и радиоэлектроники, 2018

**Международная  
научно-техническая конференция  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Научная сессия ТУСУР–2018»,  
16–18 мая 2018 г.**

**ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ**

- Шелупанов А.А. – председатель Программного комитета, ректор ТУСУРа, директор Института системной интеграции и безопасности, председатель правления Томского профессорского собрания, д.т.н., проф.;
- Мешеряков Р.В. – заместитель председателя Программного комитета, проректор по научной работе и инновациям ТУСУРа, зав. каф. БИС, д.т.н., проф.;
- Абдрахманова М.В., директор библиотеки ТУСУРа;
- Агеев Е.Ю., начальник научного управления, к.и.н.;
- Афонасова М.А., зав. каф. менеджмента, д.э.н., проф.;
- Бабур-Карателли Г.П.; к.т.н., PhD (TU Delft), научный сотрудник каф. ТОР ТУСУРа;
- Беляев Б.А., зав. лаб. электродинамики и СВЧ-электроники ин-та физики СО РАН, д.т.н., г. Красноярск;
- Васильковская Н.Б., доцент каф. экономики, к.э.н., доцент;
- Голиков А.М., доцент каф. РТС, к.т.н.;
- Грик Н.А., зав. каф. ИСР, д.и.н., проф.;
- Давыдова Е.М., декан ФБ, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.;
- Демидов А.Я., проф. каф. ТОР, к.ф.-м.н., доцент;
- Дмитриев В.М., проф. каф. КСУП, д.т.н., проф.;
- Дробот П.Н., доцент каф. УИ, к.ф.-м.н.;
- Еханин С.Г., проф. каф. КУДР, д.ф.-м.н., доцент;
- Заболоцкий А.М., проф. каф. ТУ, д.т.н.;
- Зариковская Н.В., доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н., доцент;
- Исакова А.И., доцент каф. АСУ, доцент, к.т.н.;
- Карателли Д., PhD [Sapienza University of Rome], технический директор компании «The Antenna Company Nederland B.V.»;
- Карташев А.Г., проф. каф. РЭТЭМ, д.б.н., проф.;
- Катаев М.Ю., проф. каф. АСУ, д.т.н., проф.;
- Коцубинский В.П., зам. зав. каф. КСУП, доцент каф. КСУП, к.т.н., доцент;
- Красинский С.Л., декан ЮФ, к.и.н.;
- Лощилев А.Г., зав. каф. КУДР, начальник СКБ «Смена» ТУСУРа, к.т.н.;
- Лукин В.П., зав. лаб. когерентной и адаптивной оптики ИОА СО РАН, почетный член Американского оптического общества, д.ф.-м.н., проф., г. Томск;
- Малюк А.А., проф. каф. «Кибербезопасность» НИЯУ МИФИ, к.т.н., г. Москва;
- Малютин Н.Д., директор НИИ систем электрической связи, проф. каф. КУДР, д.т.н., проф.;
- Михальченко Г.Я., директор НИИ ПрЭ, д.т.н., проф.;
- Мицель А.А., проф. каф. АСУ, д.т.н., проф.;
- Мозгунов А.В., начальник ОНИР;
- Озеркин Д.В., декан РКФ, к.т.н., доцент;

- Покровская Е.М., зав. каф. ИЯ, доцент, к.филос.н.;
- Разинкин В.П., проф. каф. ТОР НГТУ, д.т.н., проф., г. Новосибирск;
- Семенов Э.В., проф. каф. РСС, д.т.н., доцент;
- Сенченко П.В., декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н., доцент;
- Сулова Т.И., декан ГФ, зав. каф. ФИС, д.филос.н., проф.;
- Троян П.Е., зав. каф. ФЭ, проректор по учебной работе, д.т.н., проф.;
- Хаминов Д.В., зав. каф. ТП, зам. декана ЮФ, к.и.н.;
- Ходашинский И.А., проф. каф. КИБЭВС, д.т.н., проф.;
- Шарангович С.Н., проф., зав. каф. СВЧКР, к.ф.-м.н.;
- Шостак А.С., проф. каф. КИПР, д.т.н.

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

- Мещеряков Р.В., проректор по научной работе и инновациям ТУСУРа, зав. каф. БИС, д.т.н., проф.;
- Агеев Е.Ю., начальник научного управления, к.т.н.;
- Коротина Т.Ю., заведующая аспирантурой, к.т.н.;
- Юрченкова Е.А., вед. инженер ОППО, к.х.н.;
- Медовник А.В., председатель Совета молодых ученых, доцент каф. физики, к.т.н.;
- Боберь Ю.Н., инженер ОППО;
- Покровская Е.М., зав. каф. ИЯ, доцент, к.филос.н.

## **СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ**

### **Секция 1. Радиотехника и связь**

- Подсекция 1.1. Радиотехнические системы и распространение радиоволн. Председатель секции – *Тисленко Владимир Ильич*, проф. каф. РТС, д.т.н.; зам. председателя – *Захаров Фёдор Николаевич*, доцент каф. РТС, к.т.н.
- Подсекция 1.2. Проектирование и эксплуатация радиоэлектронных средств. Председатель секции – *Шостак Аркадий Степанович*, проф. каф. КИПР, д.т.н.; зам. председателя – *Озёркин Денис Витальевич*, декан РКФ, к.т.н.
- Подсекция 1.3. Радиотехника. Председатель секции – *Семенов Эдуард Валерьевич*, проф. каф. РСС, доцент, д.т.н.; зам. председателя – *Артищев Сергей Александрович*, доцент каф. КУДР, м.н.с. СКБ «Смена», к.т.н.
- Подсекция 1.5. Аудиовизуальная техника, цифровое телерадиовещание и информационный сервис. Председатель секции – *Курычий Михаил Иванович*, доцент каф. ТУ, к.т.н.; зам. председателя – *Костевич Анатолий Геннадьевич*, доцент каф. ТУ, к.т.н., с.н.с.
- Подсекция 1.6. Инфокоммуникационные технологии и системы широкополосного беспроводного доступа. Председатель секции – *Демидов Анатолий Яковлевич*, зав. каф. ТОР, к.ф.-м.н.;

зам. председателя – *Гельцер Андрей Александрович*, доцент каф. ТОР, к.т.н.

Подсекция 1.7. Робототехника. Председатель секции – *Коцубинский Владислав Петрович*, доцент каф. КСУП, к.т.н.; зам. председателя – *Винник Александр Евгеньевич*, н.с. каф. КСУП.

Подсекция 1.8. Интеллектуальные системы проектирования технических устройств. Председатель секции – *Шурыгин Юрий Алексеевич*, первый проректор, зав. каф. КСУП, д.т.н., проф.; зам. председателя – *Черкашин Михаил Владимирович*, доцент каф. КСУП, к.т.н.

## **Секция 2. Электроника и приборостроение**

Подсекция 2.1. Проектирование биомедицинских электронных и наноэлектронных средств. Председатель секции – *Еханин Сергей Георгиевич*, проф. каф. КУДР, д.ф.-м.н. доцент; зам. председателя – *Романовский Михаил Николаевич*, доцент каф. КУДР, к.т.н.

Подсекция 2.2. Разработка контрольно-измерительной аппаратуры. Председатель секции – *Лоцилов Антон Геннадьевич*, зав. каф. КУДР, начальник СКБ «Смена», к.т.н.; зам. председателя – *Убайчин Антон Викторович*, с.н.с. СКБ «Смена», к.т.н.

Подсекция 2.3. Физическая и плазменная электроника. Председатель секции – *Троян Павел Ефимович*, проректор по УР, зав. каф. ФЭ, д.т.н., проф.; зам. председателя – *Смирнов Серафим Всеволодович*, проф. каф. ФЭ, д.т.н.

Подсекция 2.4. Промышленная электроника. Председатель секции – *Михальченко Геннадий Яковлевич*, директор НИИ ПрЭ, д.т.н., проф.; зам. председателя – *Семёнов Валерий Дмитриевич*, проф. каф. ПрЭ, к.т.н.

Подсекция 2.5. Оптические информационные технологии, нанофотоника и оптоэлектроника. Председатель секции – *Шарангович Сергей Николаевич*, проф., зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н.; зам. председателя – *Перин Антон Сергеевич*, доцент каф. СВЧиКР, к.т.н.

Подсекция 2.6. Электромагнитная совместимость. Председатель секции – *Заболоцкий Александр Михайлович*, проф. каф. ТУ, д.т.н.; зам. председателя – *Куксенко Сергей Петрович*, доцент каф. ТУ, к.т.н.

Подсекция 2.7. Светодиоды и светотехнические устройства. Председатель секции – *Туев Василий Иванович*, зав. каф. РЭТЭМ, д.т.н.; зам. председателя – *Вилисов Анатолий Александрович*, проф. каф. РЭТЭМ, д.т.н.

### **Секция 3. Информационные технологии и системы**

Подсекция 3.1. Интегрированные информационно-управляющие системы. Председатель секции – *Катаев Михаил Юрьевич*, проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – *Суханов Александр Яковлевич*, доцент каф. АСУ, к.т.н.

Подсекция 3.2. Распределённые информационные технологии и системы. Председатель секции – *Сенченко Павел Васильевич*, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.; зам. председателя – *Сидоров Анатолий Анатольевич*, доцент каф. АОИ, к.т.н.

Подсекция 3.3. Автоматизация управления в технике и образовании. Председатель секции – *Дмитриев Вячеслав Михайлович*, проф. каф. КСУП, д.т.н.; зам. председателя – *Ганджа Тарас Викторович*, доцент каф. КСУП, к.т.н.

Подсекция 3.4. Моделирование в естественных и технических науках. Председатель секции – *Зариковская Наталья Вячеславовна*, доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.; зам. председателя – *Колотаев Илья Владимирович*, разработчик ООО «СибирьСофтПроект».

Подсекция 3.5. Вычислительный интеллект. Председатель секции – *Ходашинский Илья Александрович*, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.; зам. председателя – *Сарин Константин Сергеевич*, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

Подсекция 3.6. Современные библиотечные технологии. Председатель секции – *Абдрахманова Марина Викторовна*, директор библиотеки ТУСУРа; зам. председателя – *Карауш Александр Сергеевич*, доцент каф. РСС, к.т.н.

Подсекция 3.7. Молодежные инновационные научные и научно-технические проекты. Председатель секции – *Дробот Павел Николаевич*, доцент каф. УИ, к.ф.-м.н.; зам. председателя – *Нариманова Гуфана Нурлабековна*, зав. каф. УИ, к.ф.-м.н., доцент.

Подсекция 3.8. Разработка программного обеспечения. Председатель секции – *Гордиевских Вячеслав Валерьевич*, генеральный директор ООО «СибирьСофтПроект»; зам. председателя – *Зариковская Наталья Вячеславовна*, доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.

Подсекция 3.9. Инструментальные средства поддержки автоматизированного проектирования и управления. Председатель секции – *Хабибулина Надежда Юрьевна*, доцент каф. КСУП, к.т.н.; зам. председателя – *Потапова Евгения Андреевна*, ст. преподаватель каф. КСУП.

### **Секция 4. Информационная безопасность**

Подсекция 4.1. Методы и системы защиты информации. Информационная безопасность. Председатель секции – *Шелупанов Алек-*

*сандр Александрович*, ректор ТУСУРа, директор ИСИБ, д.т.н., проф.; зам. председателя – *Конев Антон Александрович*, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

Подсекция 4.2. Радиоэлектронные системы передачи информации и средства их защиты. Председатель секции – *Голиков Александр Михайлович*, доцент каф. РТС, к.т.н.; зам. председателя – *Бернгардт Александр Самуилович*, доцент каф. РТС, к.т.н.

Подсекция 4.3. Экономическая безопасность. Председатель секции – *Кузьмина Елена Александровна*, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.; зам. председателя – *Глухарева Светлана Владимировна*, ст. преподаватель каф. КИБЭВС.

## **Секция 5. Экономика, управление, социальные и правовые проблемы современности**

Подсекция 5.1. Моделирование в экономике. Председатель секции – *Мицель Артур Александрович*, проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – *Грибанова Екатерина Борисовна*, доцент каф. АСУ, к.т.н.

Подсекция 5.2. Информационные системы в экономике. Председатель секции – *Исакова Анна Ивановна*, доцент каф. АСУ, к.т.н.; зам. председателя – *Григорьева Марина Викторовна*, доцент каф. АСУ, к.т.н.

Подсекция 5.3. Современные методы финансового планирования. Председатель секции – *Васильковская Наталья Борисовна*, доцент каф. экономики, к.э.н.; зам. председателя – *Цибулькикова Валерия Юрьевна*, доцент каф. экономики, к.э.н.

Подсекция 5.4. Проектный менеджмент и его использование в цифровой экономике. Председатель секции – *Афонасова Маргарита Алексеевна*, зав. каф. менеджмента, д.э.н.; зам. председателя – *Богомолова Алена Владимировна*, декан ЭФ, доцент каф. менеджмента, к.э.н.

Подсекция 5.5. Современные социокультурные технологии в организации работы с молодежью. Председатель секции – *Суслова Татьяна Ивановна*, декан ГФ, зав. каф. ФиС, д.филос.н., проф.; зам. председателя – *Орлова Вера Вениаминовна*, проф. каф. ФиС, директор НОЦ «СГТ», д.соц.н.

Подсекция 5.6. Актуальные проблемы социальной работы в современном обществе. Председатель секции – *Грик Николай Антонович*, зав. каф. ИСР, д.и.н., проф.; зам. председателя – *Куренков Артем Валериевич*, доцент каф. ИСР, к.и.н.

**Школа-семинар:** Правовые проблемы современной России. Председатель секции – *Хаминов Дмитрий Викторович*, зав. каф. ТП, зам. декана ЮФ, к.и.н.; зам. председателя – *Газизов Родион Маратович*, ст. преподаватель каф. ИП.

**Секция 6. Экология и мониторинг окружающей среды. Безопасность жизнедеятельности.** Председатель секции – *Карташев Александр Георгиевич*, проф. каф. РЭТЭМ, д.б.н.; зам. председателя – *Денисова Татьяна Владимировна*, доцент каф. РЭТЭМ, к.б.н.

**Секция 7. Открытия. Творчество. Проекты.** (Секция для школьников). Председатель секции – *Мозгунов Алексей Викторович*, начальник ОНиР; зам. председателя – *Колесник Анастасия Викторовна*, инженер ОНиР.

**Секция 8. Postgraduate and Master Students' Research in Electronics and Control Systems.** (Секция на английском языке). Председатель секции – *Покровская Елена Михайловна*, зав. каф. ИЯ, доцент, к.филос.н.; зам. председателя – *Шпит Елена Ирismetовна*, ст. преподаватель каф. ИЯ; *Соболевская Ольга Владимировна*, ст. преподаватель каф. ИЯ.

**Круглый стол** «Интеграция образовательных технологий и ресурсов школы, техникума и вуза в целях повышения качества непрерывной подготовки специалистов»

**Адрес оргкомитета:**

**634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40,  
ФГБОУ ВО «ТУСУР», Научное управление (НУ), к. 205  
Тел.: 8-(382-2) 701-524; e-mail: nstusur@main.tusur.ru**

**Распределение публикаций по секция и частям сборника:**

1-я часть – 1-я секция (подсекции 1.1 – 1.8);

2-я часть – 2-я секция (подсекции 2.1 – 2.7);

3-я часть – 3-я секция (подсекции 3.1 – 3.9);

4-я часть – 4-я секция (подсекции 4.1 – 4.3);

6-я секция; 8-я секция; материалы докл. круглого стола;

5-я часть – 5-я секция (подсекции 5.1 – 5.6); школа-семинар.

7-я секция – материалы с докладами школьников печатаются отдельным сборником.

## *Спонсор конференции – Группа компаний «Научное оборудование»*



Группа компаний  
«Научное оборудование»  
630128, Россия, г. Новосибирск,  
ул. Инженерная, 4а, оф. 212

383 330 8295  
495 150 3295  
www.spegroup.ru

---

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

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

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

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

Нашими заказчиками являются все академические институты Сибирского отделения Российской академии наук, многие промышленные предприятия, технологические компании, учебные заведения высшего образования Сибирского и Дальневосточного регионов.

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

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

## Спонсор конференции – ООО «Кейсайт Текнолоджиз»



**KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES

ООО «Кейсайт Текнолоджиз»  
Россия, 115054, г. Москва  
Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: 495 797 39 00  
Факс: 495 797 39 02  
[www.keysight.ru](http://www.keysight.ru)

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **СЕКЦИЯ 1**

# **РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ**



## ПОДСЕКЦИЯ 1.1

### РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

*Председатель – Тисленко В.И., проф. каф. РТС, д.т.н.;*  
*Зам. председателя – Захаров Ф.Н., доцент каф. РТС, к.т.н.*

#### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ МОДУЛЯЦИИ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ

*А. Азизов, С. Рысбеков, Д. Боранбаев, Д. Шарипова, магистранты*  
*Научный руководитель А.В. Новиков, к.т.н., доцент*  
*г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, ardamehr-93@mail.ru*

Амплитудная модуляция (АМ) была первым видом модуляции, освоенным на практике. В настоящее время АМ применяется в основном только для радиовещания на низких частотах и для передачи изображения в телевизионном вещании [1].

Целью данной работы является создание лабораторного макета для изучения особенностей амплитудной модуляции. В таблице приведены параметры моделирования.

**Параметры моделирования**

$N = 2^{10} = 1024$	Количество дискретных отсчетов
$j = 0 \dots N - 1$	Номер отсчета
$\Delta t = 0,001$	Интервал дискретизации в секундах
$t_j = j \cdot \Delta t$	Моменты дискретизации в секундах
$f_{\max} = \frac{1}{2 \cdot \Delta t} = 500$	Наивысшая частота сигнала по теореме отсчетов, Гц
$T = N \cdot \Delta t = 1024$	Длительность сигнала в секундах
$f_0 = 62$	Несущая частота сигнала, Гц
$A_0 = 1$	Амплитуда несущий сигнала
$u_j = A_0 \cdot \sin\left(2\pi \frac{j \cdot f_0}{f_{\max}}\right)$	Несущая

Продолжение табл.

$\Delta f = \frac{2 \cdot f_{\max}}{N} = 0,977$	Интервал дискретизации спектра
$f_j = j \cdot \Delta f$	Частота
$A1 = 0,5 \quad A2 = 0,2$	Амплитуды первого и второго слагаемых в модулирующем сигнале
$f1 = 4 \quad f2 = 6$	частоты первого и второго слагаемых в модулирующем сигнале
$U_j = A1 \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{j \cdot f1}{f_{\max}}\right) + A2 \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{j \cdot f2}{f_{\max}}\right)$	Модулирующий сигнал
$m = 1$	Коэффициент модуляции ( $< 1$ )
$UAM_j = u_j \cdot \cos\left(1 + m \cdot \frac{U_j}{A1 + A2}\right)$	АМ-сигнал

На рис. 1 приведен построенный график гармонического сигнала.

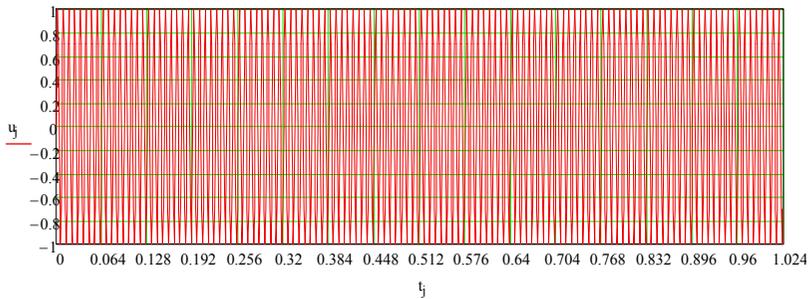


Рис. 1. Гармонический сигнал (несущая частота)

Ниже представлен амплитудный спектр гармонического сигнала (рис. 2).

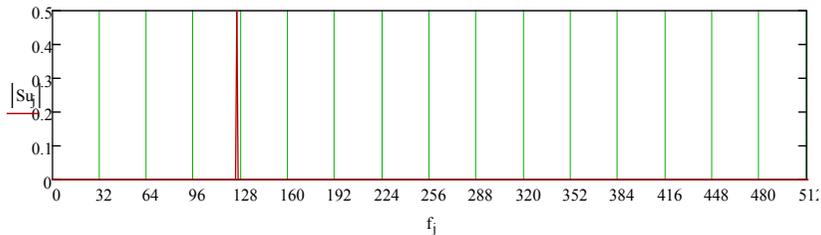


Рис. 2. Амплитудный спектр несущей

По формуле несущей построен график модулирующего сигнала в виде суммы двух гармонических сигналов представленное на рис. 3.

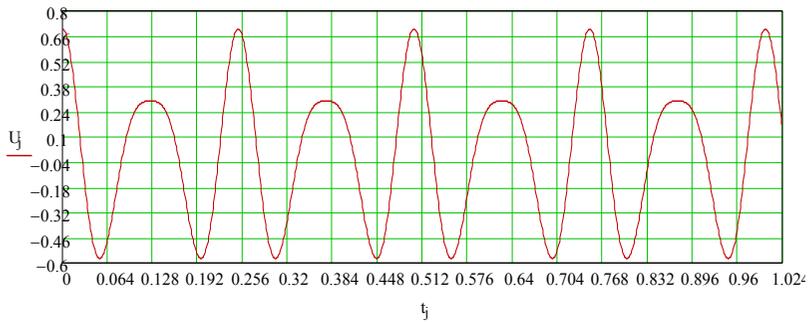


Рис. 3. Модулирующий сигнал в виде суммы двух гармонических сигналов

На рис. 4 показан амплитудный спектр модулирующего сигнала.

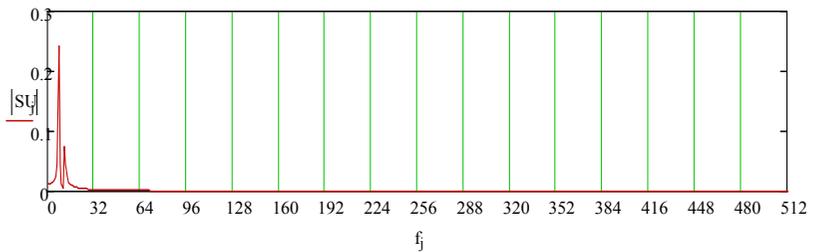


Рис.4. Амплитудный спектр модулирующего сигнала

На рис. 5 показан амплитудно-модулированный сигнал.

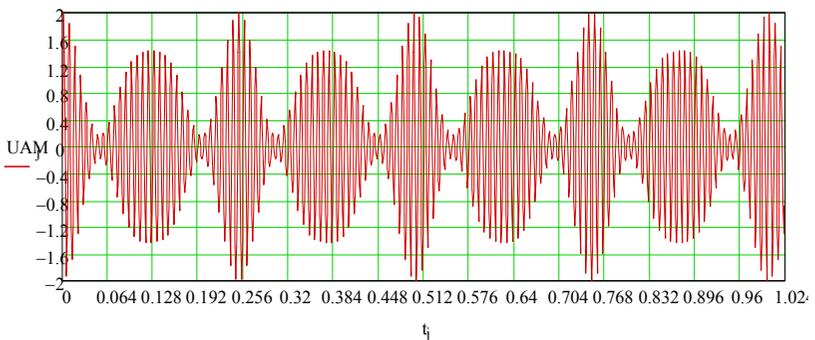


Рис.5. Амплитудно-модулированный сигнал

На рис. 6 представлен амплитудный спектр АМ-сигнала.

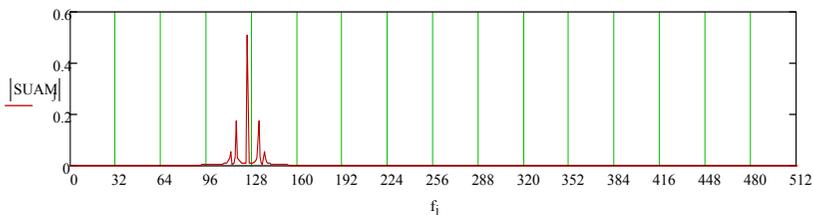


Рис.6. Амплитудный спектр АМ-сигнала

В результате проведенного исследования создан макет в программе Mathcad, позволяющий изучать АМ-сигнал во временном и спектральном представлении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акулиничев Ю.П. Теория электрических связи. – Томск: ТУСУР, 2007. – 204 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ДВИЖЕНИЯ HC-SR501

**В.С. Чернышов, магистрант**

*Научный руководитель Н.Д. Хатьков, доцент, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, vlad170395@mail.ru*

Промышленность серийно выпускает пироэлектрические датчики движения для определения наличия движущегося инфракрасного источника излучения. Одним из таких источников может быть человек. Поэтому датчики применяют в охранных системах. Однако, применение подобного датчика для этих целей необходимо обосновать на основе его технических характеристик с учетом переотражений от стен, потолков, наличия животных и пр., которые отсутствуют при конкретном применении. Целью данной работы и является анализ работы датчика в условиях помещения.

Принцип работы модуля HC-SR501 заключается в регистрации инфракрасного излучения от подвижного объекта. Чувствительный элемент – пироэлектрический датчик. Он состоит из двух элементов заключенных в одном корпусе. Чувствительный элемент закрыт белым куполом – линзой. Особенности линзы таковы, что инфракрасное излучение от подвижного объекта попадает сначала на один элемент датчика, затем на другой. Электроника модуля HC-SR501 регистрирует поочередное поступление сигналов от двух элементов и при фиксации движения выходная цепь модуля формирует логический сигнал [1].



Рис. 1. Общий вид модуля HC-SR501

Для использования датчика была разработана лабораторная установка, содержащая в себе микроконтроллер Ардуино, к которому подключен модуль с датчиком по интерфейсу I2C и через программу XCos пакета Scilab осуществлялось графическое отображение результатов. Дополнительные программные модули к пакету и микроконтроллеру устанавливались, используя рекомендации в [2].

В первом опыте датчик с линзой был установлен в 1 м (рис. 2, *a*) от проходящего человека. Во втором опыте датчик с линзой был перемещен уже на 3 метра (рис. 2, *б*). И в 3 опыте датчик переместили на 6 м (рис. 2, *в*). После получения результатов датчика с линзой, установили датчик на расстоянии 1 м (рис. 3, *a*), но уже без линзы и для сравнительной оценки. Так же датчик был протестирован без линзы на расстояниях 3 и 6 м (рис. 3, *б*, *в*), аналогичным образом. Датчик при измерениях предварительно не калибровался – использовались заводские настройки.

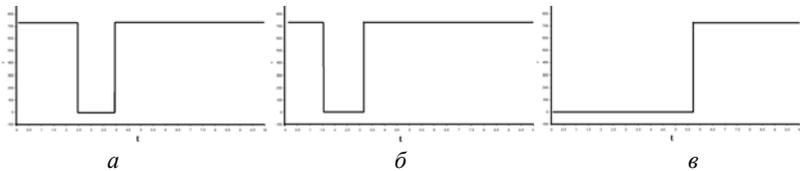


Рис. 2. Установка датчика на расстоянии 1, 3, 6 м (*a*, *б*, *в*, соответственно) с использованием линзы

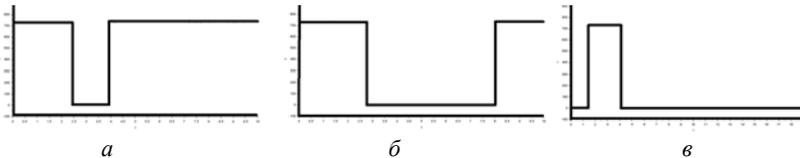
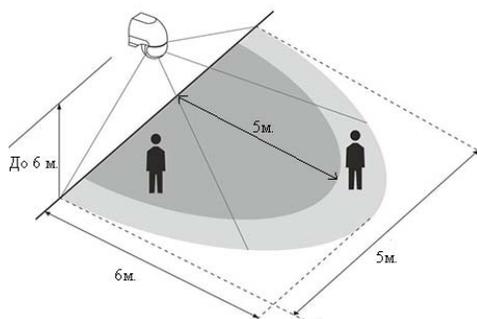


Рис. 3. Установка датчика на расстоянии 1, 3, 6 м (*a*, *б*, *в*, соответственно) без использованием линзы

Из результатов измерений (см. рис. 2, 3) видно, что датчик калибруется в первые несколько секунд, затем срабатывает после пересечения его человеком. Датчик был протестирован с минимальной

чувствительностью с линзой и показал хорошие результаты – были зарегистрированы все пересечения в зоне видимости датчика. Так же была отсоединена линза и включена максимальная чувствительность, так как при минимальной чувствительности без линзы, он не регистрировал человека на расстоянии более полуметра. С максимальной чувствительностью удалось улучшить этот результат до 3 м, но на 6 метров датчик уже не срабатывал. При проведении опытов было замечено что датчик не всегда срабатывал, если человек двигался не на пересечение датчика, а прямо на датчик, следовательно, охранная система не работает, даже при максимальной чувствительности датчика.

По этим графикам была составлена примерная диаграмма направленности этого датчика показанная на рис. 4. Так же необходимо отметить одну особенность этого датчика. Он срабатывает только при пересечении источника инфракрасного излучения в поперечном направлении по двум сенсорам датчика, это значит что если объект движется датчику в «лоб», то защита не срабатывает. Значит у него есть множество мертвых зон в том числе и из-за особенностей специфической сотовой линзы, кото-



рые не были указаны в технических характеристиках и которые еще предстоит изучить.

Рис. 4. Диаграмма направленности датчика движения hc-sr501

Таким образом, на практике исследована работа пирозлектрического датчика движения hc-sr501 с использованием его с линзой и без нее, определена диаграмма направленности, а также обнаружены условия появления мертвых зон, что является недостатком в применении для охранных систем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Датчик присутствия HC-SR501 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arduino-kit.ru/userfiles/image/HC-SR501.pdf> (дата обращения: 14.03.2018).
2. Подключение Arduino к Scilab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://atoms.scilab.org/toolboxes/arduino> (дата обращения: 14.03.2018).
3. Микроконтроллер Arduino Nano [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano> (дата обращения: 14.03.2018).

**ОЦЕНКА НЕИДЕНТИЧНОСТИ ПАРАМЕТРОВ  
ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК**

*А.А. Кузьмин, студент;*

*А.С. Раков, м.н.с.; Д.С. Раков, к.т.н., н.с., ИМКЭС СО РАН;*

*И.Ю. Шеин, студент*

*Научный руководитель, Н.П. Красненко, д.ф.-м.н., проф. ТУСУР,  
з.н.с. ИМКЭС СО РАН;*

*г. Томск, ТУСУР, kuzmich1232@gmail.com*

Для различных приложений атмосферной акустики и, в частности, для акустического зондирования атмосферы широко применяются антенные решетки в качестве излучающих, приемных и приемопередающих [1, 2]. При проектировании и создании акустических антенных решеток (АР) предъявляются высокие требования к идентичности амплитудно-частотных характеристик единичных элементов, поскольку они имеют разброс своих параметров. В случае если данное требование не удастся выполнить, следует подобрать оптимальное распределение единичных элементов в антенной решетке, чтобы обеспечить выполнение требований как по ширине главного лепестка диаграммы направленности АР, так и по уровню боковых лепестков. Неидентичность параметров пьезокерамических излучателей обусловлена технологическими процессами производства: чистотой используемого материала, стабильностью температуры спекания кристалла и др.

Паспортные характеристики излучателей приведены в таблице.

**Технические характеристики преобразователя  
электроакустического пьезокерамического ПЭП-1**

Наименование параметра	Значение
Уровень громкости сигнала преобразователя на расстоянии 1 м от него, измеренного шумомером с частотной характеристикой А по ГОСТ 17187–81 при напряжении сигнала: – 48 В – 24 В на резонансной частоте	Не менее 125 дБ. Не менее 120 дБ
Резонансная частота преобразователя	2400–2900 Гц
Интервал рабочих температур	От –40 до +50 °С
Продолжительность непрерывной работы	Не менее 10 мин при напряжении 24 В. Не менее 1 мин при напряжении 48 В

В рамках данной работы рассматриваются результаты оценки амплитудно-частотных параметров пьезокерамических излучателей [6] с целью построения АР для атмосферных приложений.

Экспериментальное оборудование при проведении тестирования включало в себя:

- шумомер-виброметр «Экофизика-110АНФ» с микрофонным предусилителем «Р200» и микрофоном «ВМК-205»;
- акустический калибратор «АК-1000»;
- набор из 170 пьезокерамических акустических преобразователей;
- осциллограф для контроля параметров;
- генератор сигналов.

Все измерения проводились в безэховой камере.

На основе проведенных исследований электроакустических преобразователей были построены гистограммы распределения резонансной частоты (рис. 1) и уровня звукового давления (рис. 2) на резонансной частоте.

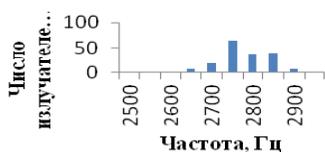


Рис. 1. Гистограмма распределения резонансной частоты пьезокерамических преобразователей

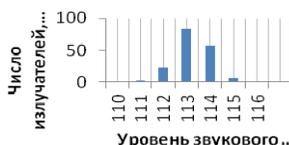


Рис. 2. Гистограмма распределения уровня звукового давления на резонансной частоте пьезокерамических преобразователей

Таким образом, результаты измерения параметров пьезокерамических электроакустических преобразователей показали наличие сильного разброса данных, как по частоте резонанса излучателей, так и по уровню звукового давления на данной частоте.

Результаты получены при финансовой поддержке по проекту задания Минобрнауки РФ № 5.3279.2017/4.6

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Bradley S.G. Atmospheric acoustic remote sensing: principles and applications. CRC Press / Taylor&Francis Group. – 2007. – 296 p.
2. AtmosphericSystemsCorporation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minisodar.com>, свободный (дата обращения: 30.06.2015).
3. Красненко Н.П., Раков А.С., Раков Д.С., Сандуков Ц.Д. Применение временных и корреляционных (спектральных) окон для оценивания параметров спектральной плотности стационарного случайного процесса // Приборы и техника эксперимента. – 2012. – №3. – С. 129–130.

4. Красненко Н.П., Кудрявцев А.Н., Раков А.С. и др. Мощные акустические антенные решетки // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2013. – № 4(30). – С. 86–90.

5. Красненко Н.П., Кушнер А.А. Влияние разброса параметров элементов на характеристики акустической фазированной антенной решетки // Акустические измерения и стандартизация. Ультразвук и ультразвуковые технологии. Атмосферная акустика. Акустика океана: Сб. тр. XVI сессии Российского акустического общества. – М.: ГЕОС, 2005. – Т. 11. – С. 117–119.

6. Преобразователь электроакустический пьезокерамический ПЭП-1. [Электронный ресурс]. – URL: <http://aerofon34.ru/index.php/produksiya> (дата обращения: 25.02.2018).

## **ПРИЕМНО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ БЛОК РЛС**

***В.С. Новоженников, В.Н. Овсянникова, магистранты***

*Научный руководитель В.П. Пушкарёв, доцент, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, vladia313@gmail.com*

Извлечение информации происходит при помощи зондирования пространства и приема отраженной энергии от объектов. Приемный модуль предназначен для приема сигналов в диапазоне 9340–9380 МГц. Основное назначение приемного модуля это усиление в приемном канале сигналов X-диапазона и их преобразование на выходную промежуточную частоту 8 МГц.

Тема радиолокации остается актуальной, и по сей день, так как узнать информацию о приближении объекта, который находится далеко за пределами видимости или же узнать о наличии препятствия на пути для некоторых систем крайне важно.

В данной статье реализована схема приемника супергетеродинного типа. Его особенностью является преобразование входного сигнала на промежуточную частоту. Причем промежуточная частота выбирается ниже диапазона входных сигналов и ее возможно сделать фиксированной. Это значительно увеличивает избирательность по сравнению с другими типами приемников, поскольку позволяет реализовать более узкополосный фильтр. У приемников такого типа высокая чувствительность [1].

Согласно ТЗ выходная частота  $f_{\text{вых}} = 8$  МГц, диапазон входных 9340–9380 МГц, значит частота зеркального канала:

$$f_{\text{зер}} = f_{\text{с}} - 2 \times f_{\text{ПЧ}} = (9340 \div 9380) - 2 \times 8 = 9324 \div 9364 \text{ МГц.}$$

Как видно из расчётов, при однократном преобразовании реализация приемно-преобразовательного блока невозможна, так как происходит перекрытие полезного сигнала с сигналом гетеродина и зеркальным каналом [2].

При двукратном преобразовании с заданной избирательностью необходимо реализовать фильтры с высоким коэффициентом прямоугольности:

- 1 при перестройке первого гетеродина;
- 0,8 при перестройке второго гетеродина.

Эти требования не реализуемы, поэтому для реализации необходимо использовать 3 преобразования.

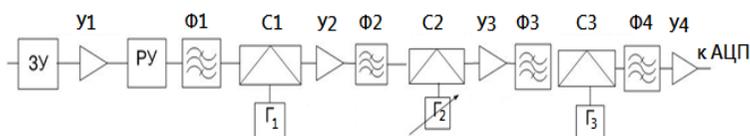


Рис. 1. Структурная схема приемно-преобразовательного блока

Структурная схема представлена на рисунке 1. В данной статье рассматривается радиолокационная станция, которая работает в импульсном режиме. И во время излучения мощного сигнала передатчика необходимо защищать вход приемника. Поэтому на входе приемника должно стоять защитное устройство (ЗУ). В качестве ЗУ используются рpn-диоды. Далее сигнал поступает на малошумящий усилитель (МШУ), где происходит усиление входного сигнала [3].

В большинстве случаев мощность сигналов, поступающих на вход приёмника, значительно меняется из-за различных параметров, поэтому далее ставится регулировка усиления (РУ). Фильтр Ф1 задаёт входную полосу. В смесителе С1 при помощи генератора Г1 происходит 1 преобразование частоты. Усилитель У2 выполняет функцию усиления сигнала, с целью компенсации потерь в фильтре и преобразователе. Фильтр Ф2 подавляет паразитные сигналы на выходе смесителя и обеспечивает подавления зеркального канала перед вторым смесителем. Далее происходит преобразование частоты в смесителе С2. Усилитель У3 обеспечивает необходимое усиление в тракте. Фильтры Ф3 и Ф4 формируют рабочую полосу по выходу приемника, а также подавляют шумы смесителя. Усилитель У4 является выходным и поэтому имеет максимальное усиление.

В ходе данной работы была спроектирована структурная схема приемно-преобразовательного блока для радиолокационной системы воздушного базирования, предназначенная для приема сигналов в диапазоне 9340–9380 МГц и преобразования их на частоту 8 МГц. Используя эту схему, можно добиться усиления в тракте порядка 70 дБ, а суммарный коэффициент шума при этом будет не более 3 дБ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Плаксиенко В.С, Плаксиенко Н.Е, Плаксиенко С.В. Устройства приема и обработки сигналов: учеб. пособие для вузов. – М.: Учебно-метод. издат. центр «Учебная литература». 2004. – 376 с.
2. Бобров Н.В. Расчёт радиоприёмников. – М.: Радио и связь, 1981. – 240 с.
3. Пушкарев В.П. Устройства приёма и обработки сигналов: учеб. пособие. – Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 201 с.

## РАЗРАБОТКА SIMULINK-МОДЕЛИ ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ СПЕКТРОВ

*С. Рысбеков, А. Азизов, магистранты*

*Научный руководитель А.В. Новиков, к.т.н., доцент  
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, rysbekov\_sungat@mail.ru*

При импульсной модуляции в качестве носителя используется последовательность импульсов прямоугольной или трапециевидной формы. Как правило импульсная модуляция применяется для передачи дискретных по времени данных. Наиболее широко используются амплитудно-импульсная (АИМ) [1] и широтно-импульсная (ШИМ) модуляции [2].

Целью данной работы является разработка модели генератора АИМ-ШИМ-сигналов с помощью графической среды имитационного моделирования Simulink для исследования их спектров.

Simulink-модель генератора АИМ-ШИМ-сигналов позволяет осуществлять анализ спектра таких сигналов, и включает в себя:

- генератор звуковой частоты, имитирующий модулирующее напряжение;
- анализатор спектра;
- осциллограф.

Структурная схема Simulink-модели генератора АИМ-ШИМ сигналов приведена на рис. 1.

Принцип формирования АИМ-сигнала заключается в изменении амплитуды импульсов пропорционально функции управляющего сигнала при постоянной длительности импульсов и периоде их следования [3]. Временная диаграмма АИМ-сигнала представлена на рис. 2.

На рис. 3 представлена спектральная диаграмма АИМ-сигнала.

Принцип формирования сигнала с ШИМ, которую иногда называют модуляцией по длительности импульсов, заключается в управлении длительностью импульсов пропорционально функции управ-

ляющего сигнала при постоянной амплитуде импульсов и периоде следования [3]. Временная диаграмма ШИМ сигнала представлена на рис. 4.

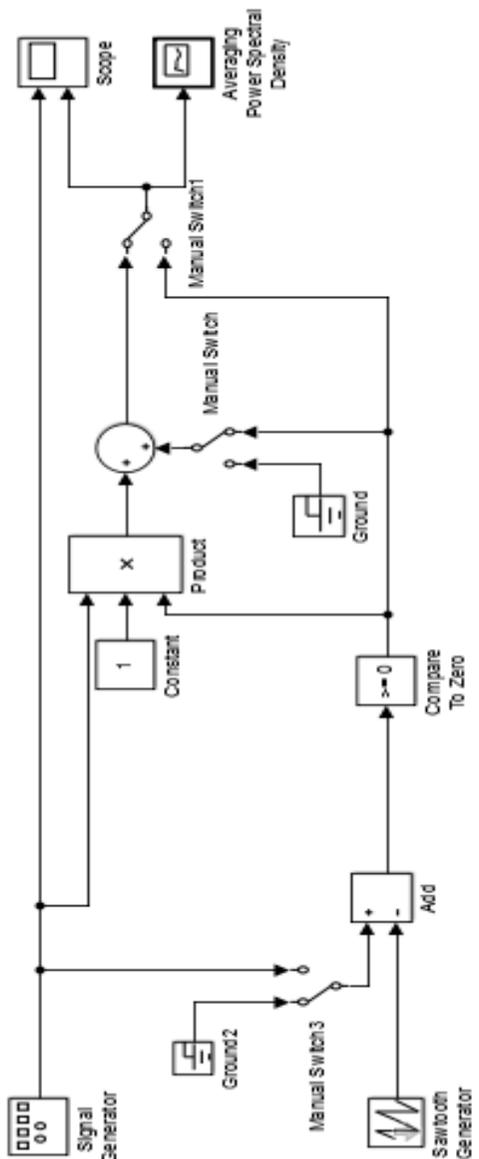


Рис. 1. Структурная схема Simulink-модели генератора АИМ-ШИМ-сигналов

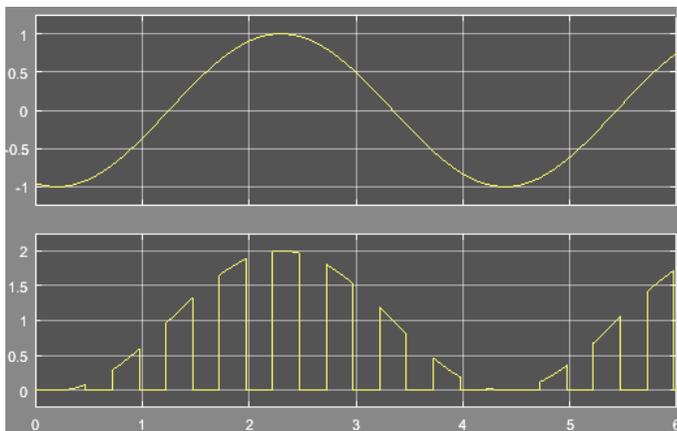


Рис. 2. Временная диаграмма АИМ сигнала  
(сверху показан модулирующий однотональный сигнал)

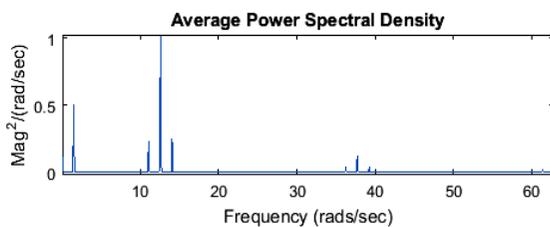


Рис. 3. Спектральная диаграмма АИМ-сигнала

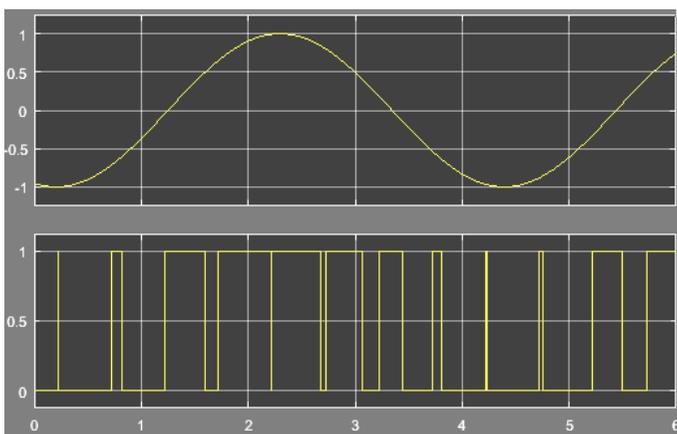


Рис. 4. Временная диаграмма ШИМ сигнала  
(сверху показан однотональный модулирующий сигнал)

Спектральная диаграмма ШИМ-сигнала представлена на рис. 5.

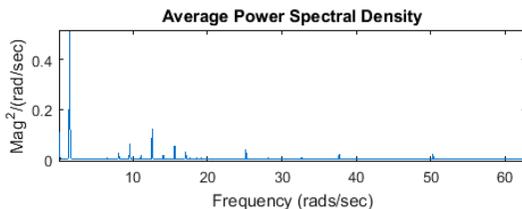


Рис. 5. Спектральная диаграмма ШИМ-сигнала

В результате работы была разработана модель генератора АИМ-ШИМ сигналов с помощью графической среды имитационного моделирования Simulink, которая позволяет осуществлять анализ спектра таких сигналов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2009.
2. Смирнов А.В. Основы цифрового телевидения: учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 224 с.
3. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – 2-е изд.: пер. с англ. – М: Изд. дом. «Вильямс», 2003. – 1104 с.

### ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

*А.С. Сенникова, студентка*

*Научный руководитель А.А. Мещераков, доцент каф. РТС, вед. н.с.  
НИИ РТС, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, a.sennikova@main.tusur.ru*

Сигналы глобальных навигационных систем при распространении через ионосферу и тропосферу испытывают искажения, приводящие к случайным отклонениям измеряемой псевдодальности и ограничивающие тем самым точность навигационных определений. Нестационарность искажений снижает эффективность накопления информации и приводит к смещению оценок координат [1].

В качестве критерия стационарности случайного процесса можно использовать статистические критерии случайности (критерий серий, инверсий, поворотных точек), автокорреляционную функцию, структурную функцию.

В данной работе в качестве критерия стационарности случайного процесса использовалась структурная функция, её построение более надёжно по сравнению с корреляционной, поскольку на неё не влияют ошибки определения среднего значения процесса. Практическое построение осуществляется по формуле [2]:

$$C_x(k) = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} (x(i) - x(i+k))^2, \quad (1)$$

где  $N$  – число измерений процесса  $x(t)$ ;  $i$  – текущее дискретное время,  $k$  – временной сдвиг;  $x(t)$  – случайный процесс.

Важными свойствами структурной функции, используемыми для анализа стационарности случайного процесса, являются следующие [2]:

- структурная функция стационарного процесса ограничена и с течением времени выходит на установившееся значение;
- структурная функция нестационарного процесса с течением времени неограниченно возрастает.

В данном докладе исследуются структурные функции искажений фазы несущей, полученные за сеанс наблюдения при одновременном приёме в двух пунктах (г. Томск, НИИ РТС и о. Ольхон, пос. Хужир; 6.07.2017 г.) сигнала от одного навигационного космического аппарата (спутник GPS №01).

Исходным материалом для расчёта структурных функций являются одновременные и синхронные записи фазы несущей сигналов одного КА в течение 45 мин с дискретностью 1 с. Для исключения регулярного хода псевдодальности за счёт движения навигационного спутника, рассогласования частоты излучаемого сигнала с частотой гетеродина приёмного устройства и доплеровского смещения выполнялась аппроксимация реальных вариаций фазы несущей полиномом 10 степени с последующим вычитанием значений полинома из записанной функции изменения фазы несущей во времени. На рис. 1 показан пример изменения фазы несущей сигнала GPS на частоте 1575,72 МГц за сеанс измерения и отклонение фазы несущей от регулярного хода.

На рис. 2 приведены сопутствующие данные об изменении угла места видимости КА с двух разнесённых пунктов приёма. Угол места  $\beta$  КА для г. Томска изменялся в пределах от 47 до 37°, для о. Ольхон – от 64 до 50°.

Структурная функция определялась по формуле (1), где за процесс  $x(t)$  принимались значения вычисленных отклонений фаз несущих от регулярного хода.

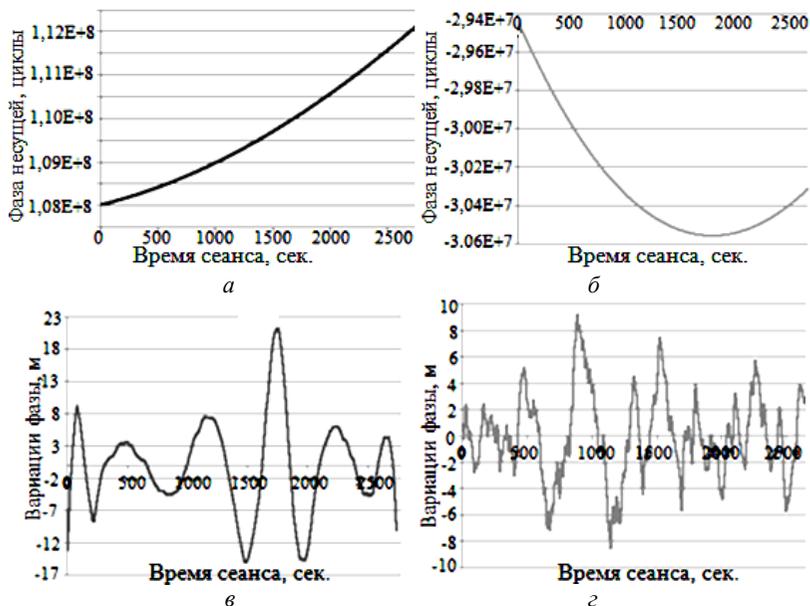


Рис. 1 –Зависимость фазы несущей навигационного сигнала в циклах:  
*a* – о. Ольхон; *б* – г. Томск;  
и отклонение фазы несущей от регулярного хода: *в* – о. Ольхон; *г* – г. Томск

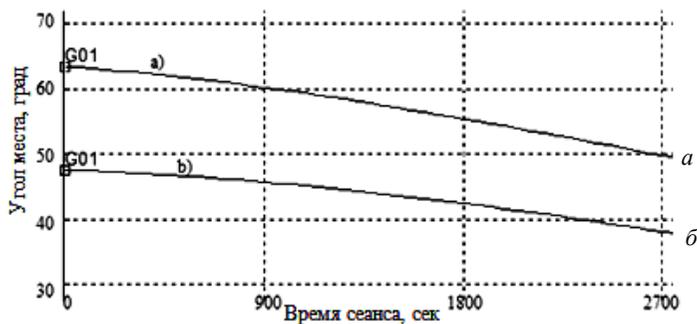


Рис. 2. Угол места навигационного КА:  
*a* – о. Ольхон  $\beta = (64 \div 50)^\circ$ , *б* – г. Томск  $\beta = (47 \div 37)^\circ$

На рис. 3 приведены рассчитанные структурные функции для сигнала GPS спутника №01 6.07.2017.

Полученные структурные функции флуктуаций фазы сигнала не соответствует двум описанным выше типам структурных функций: она не переходит в насыщение и не возрастает монотонно.

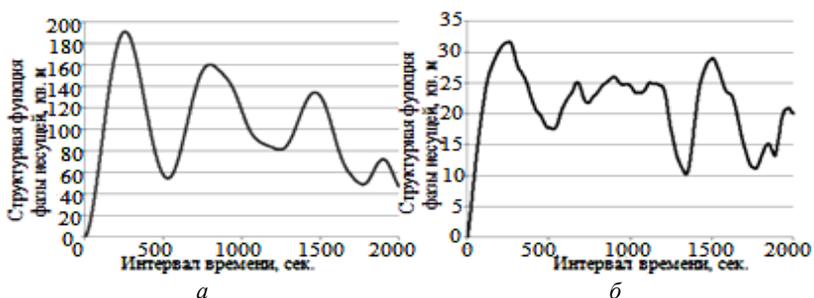


Рис. 3. Структурная функция для сигнала GPS спутника №01:  
*а* – о. Ольхон, *б* – г. Томск

Наблюдается чётко выраженная периодичность, как структурной функции, так и флуктуаций сигнала. Данная периодичность может быть вызвана следующими факторами:

- погрешность аппроксимации регулярного хода фазы полиномом десятой степени;
- уход частоты опорного генератора;
- флуктуации неоднородностей тропосферы;
- флуктуации неоднородностей ионосферы.

Полученные результаты пока не позволяют разделить перечисленные факторы. Для более точного решения поставленной задачи при компенсации регулярного хода фазы навигационных сигналов необходимо вычислять истинное расстояние от навигационного приёмника до космического аппарата путем точного решения дифференциальных уравнений, описывающих траекторию движения космического аппарата.

Дальнейшая работа по данной теме будет направлена на выявление причин периодичности флуктуаций фазы и оценки возможности определения временных интервалов флуктуаций неоднородностей тропосферы и ионосферы.

Доклад подготовлен по итогам исследования, проведенного в рамках проекта государственного задания Министерства образования и науки РФ № 8.7348.2017/8.9.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования // Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.
2. Карташов В.Я., Новосельцева М.А. Структурно-параметрическая идентификация линейных стохастических объектов с использованием непрерывных дробей / Управление большими системами: сборник трудов. – 2008, №21. – С. 27–48.

# ГЕНЕРАТОР ЧАСТОТ ТЕРМИНАЛОВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

*Н.В. Собко, студент*

*Научный руководитель Г.Н. Якушевич, доцент, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, nikita49911@gmail.com*

С появлением новых стандартов систем мобильной связи ужесточились требования, предъявляемые к абонентскому оборудованию. Абонентское оборудование должно иметь допустимые массогабаритные параметры и минимальное энергопотребление. Более жесткие требования предъявляются и ко всем функциональным узлам абонентского оборудования, в том числе и к синтезаторам частот, а именно, – к длительности переходного процесса, диапазону частот, чистоте выходного спектра, стабильности средней частоты, энергопотреблению и т.д. Новые решения в области синтеза частот и генерирования гармонических сигналов СВЧ могут значительно упростить конструкцию многих мобильных телекоммуникационных систем, улучшить их технические характеристики, а также снизить стоимость. Поэтому поиск таких решений является актуальной задачей [1].

Цель данной работы состоит в разработке структурной схемы генератора частот, который будет удовлетворять следующим основным техническим требованиям, представленным в таблице.

**Основные технические требования**

Диапазон рабочих частот, МГц	10–15000
Точность установки частоты, Гц	0,1
Уровень выходной мощности, дБм	0–5
Относительный минимальный уровень ФШ	< 90 дБн / 10 кГц
Уровень спуров, дБн	< 50

Существуют основные методы построения синтезаторов частот:

- прямой метод синтеза частот;
- косвенный метод синтеза частот;
- прямой цифровой метод синтеза частот.

Для каждого отдельного метода существуют свой набор достоинств и недостатков, которые слабо пересекаются и комбинирование различных методов синтеза позволяет не только их нивелировать, но и усилить достоинства. На рис. 1 приведена классификация указанных методов.

Комбинированный синтез подразумевает сочетание нескольких разных методов, когда один из методов считается основным, а остальные используются в качестве «надстроек», устраняющие его недостатки [2].



Рис. 1. Классификация методов синтеза

На основе проведенного обзора методов построения СЧ и требований ТЗ был выбран комбинированный метод синтеза. На рис.2 представлена структурная схема генератора частот, где в качестве основного метода используется косвенный (3-й блок) для обеспечения лучшей фильтрации побочных составляющих, а в качестве дополнительного используется прямой цифровой метод синтеза (2-й блок), который обеспечит, требуем шаг перестройки частоты за короткий промежуток времени.

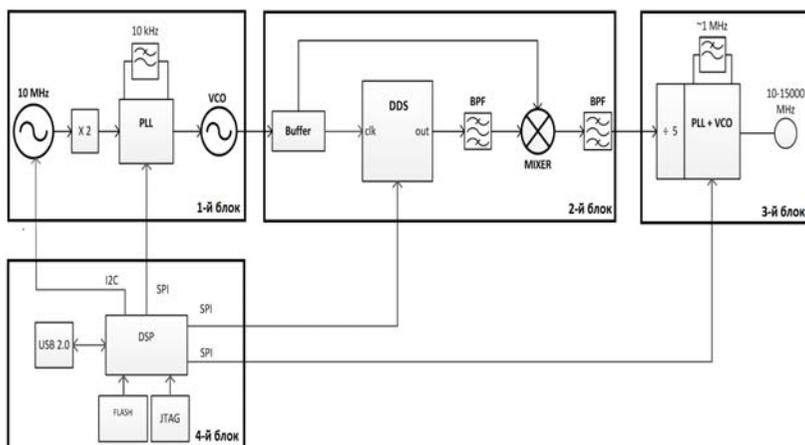


Рис. 2. Структурная схема генератора частот терминалов мобильной связи

Структурная схема состоит из 4 основных блоков:

1-й блок – предназначен для формирования «чистой» опоры для цифрового вычислительного синтезатора (DDS). Состоит из микросхемы ФАПЧ (ADF4106) и кварцевого генератора (DR90S0416).

2-й блок – формирует опорную частоту для основного синтезатора, с требуемым шагом перестройки частоты, за короткий интервал времени [3]. Содержит микросхему DDS (AD9540) и квадратурный смеситель. Квадратурный смеситель [4], структурная схема которого представлена на рис.3, обеспечивает требуемый уровень подавления зеркальной частоты.

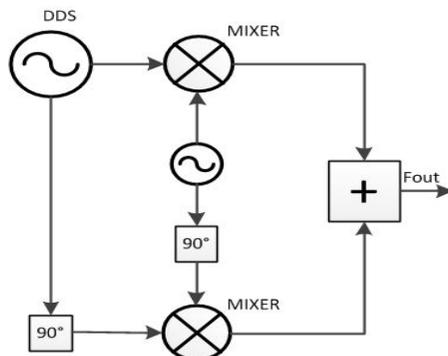


Рис. 3. Структурная схема квадратурного смесителя

3-й блок – формирует диапазон частот 10–15000 МГц и содержит основной ИФАПЧ-синтезатора частоты (LMX2594).

4-й блок – осуществляет управление всеми цифровыми микросхемами за требуемое время и состоит из цифрового сигнального процессора (ADSP-BF701).

**Заключение.** В ходе проделанной работы на основе предложенного метода комбинированного синтеза была разработана структурная схема генератора частот для диапазона частот 10–15000 МГц. Следующим этапом данной работы будет трассировка платы, заказ платы, монтаж и анализ основных характеристик синтезатора частот.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Манассевич В. Синтезаторы частот. Теория и проектирование: пер. с англ., под ред. А.С. Галина. – М.: Связь, 1979. – 384 с.
2. Chenakin A. Frequency Synthesizer: From Concept to Product. Artech House. – 2011.
3. Ридико Л. DDS: прямой цифровой синтез частот // Компоненты и технологии. – 2001, №7. – С. 50–54
4. Ho C.Y. and Furlow R. Design of VHF Quadrature Hybrids. Part I. – RF Design, 1979.

## УСТРОЙСТВО СИНХРОНИЗАЦИИ ШКАЛ ВРЕМЕНИ

*Д.В. Тимошин, студент*

*Научный руководитель В.Г. Корниенко, с.н.с НИИ РТС*

*г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, d.v.timoshin@mail.ru*

Большинство вновь создаваемых и существующих систем передачи, извлечения и измерения информации, не могут обойтись без учета и измерения времени и стабильных генераторов. Прямо или косвенно частотно-временные методы используются: для исследования космоса, мирового океана, при создании совершенных навигационных, локационных и связных систем. Основой для реализации этих методов является синхронность или привязка территориально разнесенных генераторов. Время является основной величиной во всех системах единиц измерений и связано с другими величинами, прежде всего, с частотой и длиной. В отличие от других единиц измерений время требует не только воспроизведения, но и хранения. С хранением времени связано фундаментальное понятие шкалы времени (ШВ) [1]. Под ШВ понимается импульсная последовательность, синхронизируемая по стабильному опорному колебанию [2].

Основной способ формирования задержек между двумя ШВ в разнесенных в пространстве пунктах описан в статье [3]. На рис. 1 приведена функциональная схема аппаратуры синхронизации шкал времени.

Блок формирования синхросигналов (ФСС) обеспечивает формирование ШВ при взаимодействии со следующим оборудованием: стандарт частоты (СЧ), модули формирования опорной частоты (ФОЧ), оптический кросс, оптический многожильный кабель (ОК). СЧ предназначен для формирования и воспроизведения высокостабильных, спектрально чистых сигналов частоты и времени. Блок ФСС предназначен для формирования и передачи синхросигналов, содержащих информацию об опорной частоте «100 МГц» и метке времени «1 с», а также для измерения задержек обратных синхросигналов относительно переданных синхросигналов.

Блок ФСС содержит:

1. Входные буферы LVTTTL/LVDS, предназначенные для преобразования сигналов от СЧ в дифференциальные сигналы для ПЛИС.
2. Буферы LVDS/LVPECL, предназначенные для согласования сигналов ПЛИС с сигналами оптического трансивера.
3. Отладочная плата (ОП) с ПЛИС Artix-7, которая выполняет функции управляющего элемента, обработки входной информации и измерения рассогласования ШВ.

4. Трансформаторы, предназначенные для преобразования дифференциального сигнала в несимметричный сигнал, для контроля сигналов, поступающих от СЧ.

5. Оптические трансиверы (ОТ), предназначенные для передачи и приема оптических синхросигналов по ОК как в направлении модулей ФОЧ, так и от них.

Модуль ФОЧ содержит:

1. Подстраиваемый кварцевый генератор (КГ), предназначенный для формирования спектрально чистой опорной частоты.

2. Буфер LVTTTL/LVDS, предназначенный для преобразования сигнала от кварцевого генератора (КГ) в дифференциальный сигнал для ПЛИС и буферов LVDS.

3. Буферы LVDS, предназначенные для разгрузки сигналов от ПЛИС и от буфера LVTTTL/LVDS.

4. Буферы LVDS/LVPECL, предназначенные для согласования сигналов ПЛИС с сигналами оптического трансивера.

5. ОП с ПЛИС Artix-7, которая выполняет функции управляющего элемента, обработки входной информации и ФАПЧ.

6. Трансформаторы, предназначенные для преобразования дифференциального сигнала в несимметричный сигнал, для контроля сигналов, генерируемых модулем ФОЧ.

7. Оптические трансиверы (ОТ), предназначенные для передачи и приема оптических синхросигналов по ОК как в направлении ФСС, так и от него.

Процесс синхронизации в данном случае происходит следующим образом. От СЧ подаются сигналы «100 МГц» и «1 с» на ФСС. Во входном LVDS буфере производится преобразование сигнала LVTTTL стандарта в LVDS стандарт. Это позволяет передавать сигнал малых напряжений по дифференциальной линии, который обладает меньшей чувствительностью к общим помехам. Далее, в ПЛИС, происходит формирование синхросигнала, в нем закодирована метка времени (МВ). Синхросигнал с выхода ПЛИС подается на входы «LVDS» обоих буферов LVDS/LVPECL. С выхода «LVPECL» каждого буфера синхросигналы поступают на входы отдельных ОТ. Далее, синхросигналы с помощью ОТ, через ОК передаются в модули ФОЧ. В каждом модуле ФОЧ происходит обратное преобразование оптического синхросигнала в электрический с помощью ОТ. С выхода ОТ синхросигнал поступает на вход «LVPECL» буфера LVDS/LVPECL. С выхода «LVDS» буфера синхросигнал поступает на вход ПЛИС. ПЛИС обеспечивает выделение МВ из входного синхросигнала, сравнение частот КГ и входного синхросигнала и выработку управляющего сигнала для подстройки КГ, формирование сигналов «1 с», формирование ответного синхросигнала. Ответный синхросигнал, сформирован-

ный из сигнала КГ «100 МГц» и сигнала «1 с», поступает на выход ПЛИС и, далее, на вход «LVDS» буфера LDVS/LVPECL. С выхода «LVPECL» буфера ответный синхросигнал поступает на вход ОТ. Далее, ответный синхросигнал с помощью ОТ, через ОК передается в ФСС.

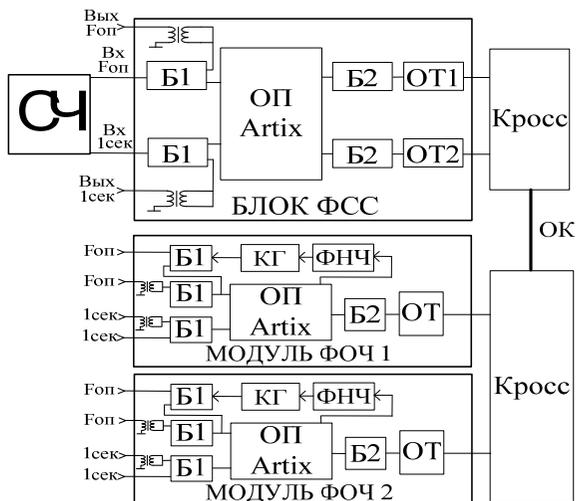


Рис. 1. Функциональная схема аппаратуры синхронизации ШВ  
 Б1 – буфер LVTTTL/LVDS; Б2 – буфер LVDS/LVPECL

Созданное устройство синхронизации обеспечит точную работу территориально-разнесенной аппаратуры и позволит выполнять контроль и измерение параметром систем различного предназначения.

Поскольку оптическая линия менее подвержена влиянию внешних помех и имеет слабую зависимость задержки и ослабления сигнала от температурных условий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Система синхронизации времени и частоты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://life-prog.ru/ukr/1\\_2096\\_sistemi-sinhronizatsii-vremeni-i-chastoti.html](http://life-prog.ru/ukr/1_2096_sistemi-sinhronizatsii-vremeni-i-chastoti.html) (дата обращения: 26.02.2018).
2. Танцай П.И., Корниенко В.Г. Экспериментальные исследования точности синхронизации шкал времени в пространственно разнесенных пунктах методом запросной радиолокации // Доклады ТУСУРа. – 2008, № 2 (18). – Ч. 2. – С. 25–31.
3. Тимошин Д.В. Система синхронизации шкал времени с использованием оптоволоконных линий передачи данных / Сб. науч. тр. XXII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР – 2017», посвященная 55-летию ТУСУРа, Томск, 10–12 мая 2017 г.: в 8 ч. – Томск: Из-во «В-Спектр», 2017. – Ч. 1. – С. 41–43.

# **ВРЕМЕННЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЫСТРЫХ ФЛУКТУАЦИЙ РАДИОСИГНАЛОВ GPS ПРИ ПРИЁМЕ НА НАЗЕМНЫХ ТРАССАХ**

*А.В. Очиртаров, инженер НИИ РТС;*

*Д.О. Ноздреватых, ст. преподаватель каф. РТС*

*Научный руководитель А.С. Аникин, доцент каф. РТС, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, arthur\_1994@inbox.ru*

Эффективность функционирования спутниковых глобальных радионавигационных систем определяется отношением энергии полезного радиосигнала к мощности шума и степени его искажения из-за рассеяния и отражения радиоволн внешней средой. Под внешней средой радиотрассы «спутник-земля» будем понимать ионосферу, тропосферу, рельеф местности и подстилающую поверхность.

Влияние искажений радиосигналов средой распространения на эффективность функционирования спутниковых радиотехнических систем может быть уменьшено путём оптимальной обработки принятых сигналов. Оптимальные алгоритмы определения местоположения основаны на априорном знании статистических свойств среды или помех, искажающих сигналы. Так, искажения принятых радиосигналов спутников GPS проявляются в амплитудных и фазовых мерцаниях, причём амплитудные мерцания описываются законом Накагами, а фазовые – нормальным законом распределения [1]. При малой интенсивности фазовые и амплитудные мерцания оказываются строго коррелированными [1]. Однако данные по интенсивности амплитудных и фазовых мерцаний радиосигналов, приведённых в рекомендации [1] недостаточно. В данной работе отражены результаты обработки экспериментальных данных по сигналам спутниковой глобальной навигационной системы GPS, дополняющие результаты рекомендации [1] в части статистических характеристик временных флуктуаций уровня и фазы.

**Цель доклада** – отразить статистические характеристики флуктуаций амплитуды и фазы радиосигналов для глобальной спутниковой радионавигационной системы GPS, которые получены по литературным данным.

Исходными данными для оценки статистических характеристик флуктуаций амплитуды и фазы радиосигналов являлись временные зависимости уровня сигнала и фазы с описанием условий их получения, отражённых в литературных данных.

Под статистическими характеристиками быстрых флуктуаций уровня и фазы радиосигнала в данной работе понимаются: средне-

квадратическое отклонение, размах и интервал корреляции. Как известно, размах уровня радиосигнала непосредственно связан с индексом мерцаний  $S_4$  [1].

**Результаты обработки экспериментальных данных.** Статистические данные такие, как дисперсия флуктуации амплитуды и фазы, интервал временной корреляции GPS-сигналов определены из экспериментальных данных [2–5] с помощью формул [6].

Примеры временных реализаций уровня мощности и фазы принятого GPS-сигнала представлены на рис. 1 и 2 [2]. К сожалению, во многих литературных источниках отсутствует детальное описание условий измерений сигналов, а также используемой аппаратуры.

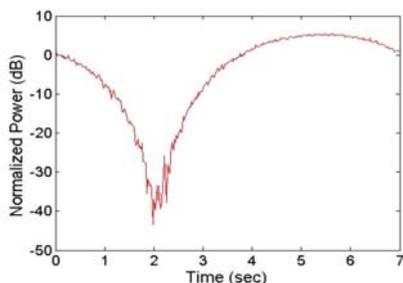


Рис. 1. График зависимости уровня мощности принятого GPS-сигнала от времени [2]

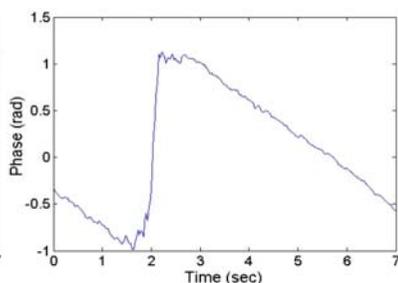


Рис. 2. График зависимости фазы принятого GPS-сигнала от времени [2]

Оценки статистических данных флуктуации уровня и фазы навигационного радиосигнала представлены в табл. 1 и 2, соответственно. В этих таблицах указаны:  $\sigma_E$  – среднеквадратическое отклонение флуктуаций уровня;  $\Delta$  – размах;  $T$  – время наблюдения;  $\tau_{kE}$  и  $\tau_{k\phi}$  – интервалы временной корреляции уровня и фазы радиосигнала, соответственно.

Качественный характер временных зависимостей уровня сигнала и фазы, представленных в литературе [2–5], значительно отличаются. Это обусловлено различием условий приёма навигационного сигнала. В частности, при наличии местных предметов у навигационного приёмника приводит к квазидетерминированной временной зависимости уровня и фазы сигнала.

При этом наблюдаются характерные для интерференционных замираний глубокие провалы уровня сигнала и перепады (см. рис. 1, 2) из-за интерференционных замираний сигнала [7].

При незначительном влиянии отражённых сигналов подстилающей поверхностью и местными предметами глубокие провалы отсутствуют, а уровень и фаза сигнала во времени изменяются хаотически.

Таблица 1

**Статистические характеристики принятых навигационных сигналов**

№	$\sigma_E$ , дБ	$\Delta$ , дБ	$T$ , с	$\tau_{kE}$ , с	Дополнительная информация
1	11,76	43,72	7	2,15	GPS-сигнал записан в Республике Кабо-Верде, Африка 18 марта 2012 г. [2]
2	5,74	21,89	7	3,39	GPS-сигнал записан в Республике Кабо-Верде, Африка 18 марта 2012 г. [2]
3	3,84	22,39	9	5,43	GPS-сигнал записан в Республике Кабо-Верде, Африка 18 марта 2012 г. [2]
4	6,42	30,59	9	3,09	GPS-сигнал записан в Республике Кабо-Верде, Африка 18 марта 2012 г. [2].
5	9,35	44,23	10	3,93	Сигнал взят из [3]
6	5,34	29,47	10	5,13	Сигнал взят из [3]
7	4,30	25,22	60	33,38	Сигнал взят из [4]
8	7,05	38,99	60	27,69	Сигнал взят из [4]
9	3,22	20,70	20	12,63	Сигнал взят из [4]
10	3,12	19,21	20	12,91	Сигнал взят из [5]
11	5,82	29,03	10	5,23	Сигнал взят из [5]

Таблица 2

**Статистические характеристики принятых навигационных сигналов**

№ п/п	$\sigma_\varphi$ , рад	$\Delta$ , рад	$T$ , с	$\tau_{kp}$ , с	Дополнительная информация
1	0,67	2,07	7	0,95	GPS-сигнал записан в Республике Кабо-Верде, Африка 18 марта 2012 г. [2]
2	0,72	2,70	9	0,75	GPS-сигнал записан в Республике Кабо-Верде, Африка 18 марта 2012 г. [2]
3	0,28	1,16	10	0,40	Сигнал взят из [3]
4	0,50	1,91	10	1,29	Сигнал взят из [5]

**Заключение.** По результатам обработки экспериментальных данных можно сделать следующие выводы. Для используемых литературных данных характерны следующие временные статистические характеристики быстрых флуктуаций навигационного радиосигнала GPS:

1. При наблюдении GPS-сигнала от 7 до 60 с интервал временной корреляции уровня сигнала  $\tau_{kE}$  принимает значения в интервале от 2,2 до 33,4 с со средним значением 10 с. При этом среднеквадратические флуктуации уровня сигнала принимают значения в интервале от 3,1 до 11,8 дБ со средним значением 6 дБ. Средний размах уровня сигнала принимает значения в интервале от 19,2 до 44,2 дБ со средним значением 30,5 дБ.

2. Для времени наблюдения GPS-сигнала от 7 до 10 с интервал временной корреляции фазовых флуктуаций  $\tau_{kp}$  принимает значения в

интервале от 0,9 до 1,2 с со средним значением 0,8 с. При этом среднеквадратические флуктуации фазовых флуктуаций принимают значения в интервале от 0,5 до 0,7 рад со средним значением 0,54 рад. Средний размах фазовых флуктуаций принимает значения в интервале от 1,1 до 2,7 рад со средним значением 2 рад.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендация МСЭ-R P.531-13 «Данные об ионосферном распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для проектирования спутниковых служб и систем». – Сер. P, 09/2016.
2. Jayawardena P.T., Ali A.M., Forte B., Kinrade J., Mitchell C., Smith S. Experimentally Recorded Amplitude and Phase Scintillation through a Spirent Simulator // Conference: ION GNSS+ 2014, At Tampa, Florida. – 2014. P. 91–98.
3. Hinks J.C., Humphreys T.E., O’Hanlon B., Psiaki M.L., Kintner P.M. Jr. Evaluating GPS Receiver Robustness to Ionospheric Scintillation // Radionavigation Laboratory Conference Proceedings, 2008. – P. 1–12.
4. Psiaki M.L., Humphreys T.E., Cerruti A.P., Powell S.P., Kintner P.M. Tracking L1 C/A and L2C Signals through Ionospheric Scintillations // Proceedings of the 20th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation. – Sept. 25– 28, 2007. – P. 246–268
5. Beach T.L., Baragona C.A. Quasiperiodic scintillation and data interpretation: Nongeophysical GPS amplitude fluctuations due to intersatellite interference // Radio science. – 2007. – Vol. 42. – P. 1–17.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высш. шк., 1991. – 576 с.
7. Аникин А.С. Использование отношения амплитуд сигналов на выходах пространственно-разнесенных слабонаправленных антенн для повышения точности измерения разности фаз на трассах с рассеянием радиоволн // Успехи современной радиоэлектроники. – 2017. – № 12. – С. 101–105.

## ПОДСЕКЦИЯ 1.2

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Председатель – *Шостак А.С.*, проф. каф. КИПР, д.т.н.;  
зам. председателя – *Озёркин Д.В.*, декан РКФ, к.т.н., доцент

#### ЦИФРОВОЙ РЕЗИСТОР (ПОТЕНЦИОМЕТР)

*Д.П. Дорожкин, студент каф. КСУП*  
Научный руководитель *Д.В. Зарипов, вед. инж., ООО «ССТ»*  
г. Томск, ТУСУР, [taxmal2000@mail.ru](mailto:taxmal2000@mail.ru)

**Цифровой резистор** – радиоэлемент, сопротивление которое меняется от цифрового сигнала который несет в себе информацию об изменении состояния ослабления. Изучении данного вопроса и решении его, навело меня на мысль, что данное устройство или радиоэлемент может весьма помочь в промышленности и производстве. Его простота конструкции и легкость применения позволяет использовать на расстоянии и с высокой точностью.

**Цель работы** заключается в изучении возможностей цифрового резистора.

**Методом исследования** в данном докладе послужил теоретический анализ источников и литературы по данной тематике и практические измерения тестового образца.

**Что такое цифровой резистор и цифровой потенциометр?** Теперь рассмотрим подробнее цифровой резистор и цифровой потенциометр. Цифровой резистор это совокупность последовательно соединенных радиоэлементов, а точнее резисторов с разным номиналом, и параллельно подключёнными обходными радиоэлементами, а именно транзисторы с низким внутренним сопротивлением (рис. 1).

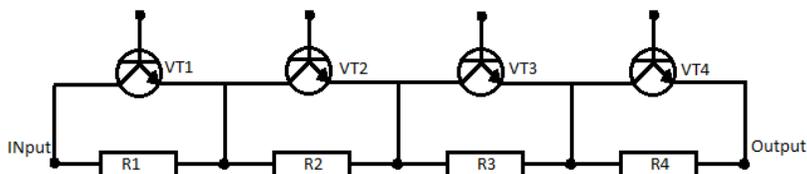


Рис. 1. Принципиальная схема цифрового резистора

У цифрового резистора есть сходство с цифровым аттенуатором, только последний ослабляет входной сигнал в дБ-х и используется в частотном диапазоне.

Цифровой потенциометр это совокупность радиоэлементов выстроенных в некую иерархию, где сигнал проходит не через последовательно соединенные радиоэлементы, а через синфазный усилитель, что требует использованию стабильного источника питания (рис. 2).

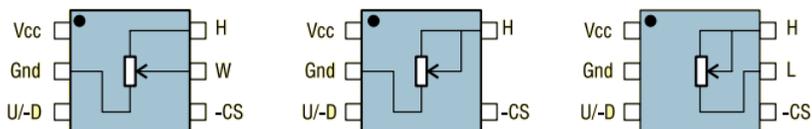


Рис. 2. Схемы цифрового потенциометра в микроэлектронном исполнении

В основном цифровой потенциометр используется в микроэлектронике где токи очень маленькие да и размер играет важную роль, при этом чем меньше устройство тем больше цена.

**Отличия.** Рассмотрев внутреннее строение цифрового резистора и потенциометра могу сделать вывод, что отличия большого нет, правда на цифровом резисторе можно получить более высокую дискретизацию так как можно задать свои шаг при проектировании цифрового резистора. Также еще одним отличием является отсутствие дополнительного питания на цифровом резисторе, что позволяет работать в автономном режиме.

**Вывод.** При проектировании данного устройства с нужными мне параметрами, столкнулся с многими проблемами которые был решены ну или частично решены. В данный момент цифровой резистор сделан на половину и не имеет драйвера управления, но даже с тем, что уже готово, можно проводить замеры, что было сделано.

Разрядность цифрового резистора 8 бит, желаемый шаг дискретизации 10 ом, фактический 10,132 ом, сопротивление проводника 1,3 ом.

Расчетное минимальное  $R = 11,3$  ом, максимальное 2647,05 ом, измеренное сопротивление представлено в таблице.

#### Совокупность полученных данных

Сопротивление, ом	R8	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	Общее
Номинал	1200	680	330	150	82	39	22	10	2513
Расчетное	1201,3	681,3	331,3	151,3	83,3	40,3	23,3	11,3	2647,05
Фактическое	1237,7	694,8	354,1	151,9	80,54	39,1	23,4	12,31	2593,85

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ридико Л.И. Цифровой потенциометр. Минск. – 2013. – С. 1–10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://leoniv.diod.club/articles/pdf/digpots.pdf> (дата обращения: 02.03.2018).
2. Ридико Л.И. Цифровые потенциометры // Компоненты и технологии. – 2001, № 5.
3. Шитиков А. Цифровые потенциометры от Dallas Semiconductor // Компоненты и технологии. – 2001, № 8.
4. Андрусевич А. Управление потенциалом. Цифровые потенциометры Maxim/Dallas // Новости электроники. – 2006, № 15.
5. CAP5128. 32-Tap Digital Up/Down Control Potentiometer. Документ компании On Semiconductor Doc. No. MD-2128 Rev. C <http://datasheet-pdf.com/datasheet/ONSemiconductor/634133/CAT5128.pdf.html> (дата обращения: 25.02.2018).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ ПЛОСКОСЛОИСТОЙ СТРУКТУРЫ НА ВЗАИМНЫЙ ИМПЕДАНС ДВУХ СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ЛИНЕЙНЫХ ВИБРАТОРНЫХ АНТЕНН

*К.А. Джакыпов, студент*

*Научный руководитель А.С. Шостак, д.т.н., профессор каф. КИПР  
г. Томск, ТУСУР, a-s-shostak@yandex.ru*

В данной работе теоретически исследуется влияние неоднородных плоскостойких сред на взаимный импеданс двух соосно расположенных линейных вибраторных антенн.

**Постановка задачи.** Линейные вибраторные антенны  $A_1$  и  $A_2$  расположены над горизонтально-слоистой средой соосно друг другу и параллельно границам раздела слоев (рис. 1); одна из них может быть передающей (активной), а вторая – приемной (пассивной). Взаимодействующие антенны имеют размер плеча  $l$ , равный четверти длины волны  $\lambda$ .

Исследуемая неоднородная структура состоит из четырех слоев. Каждый слой характеризуется собственной толщиной  $T_i$  и комплексной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_i$ . Слой  $T_1$  – воздушное пространство, в котором расположены антенны,  $T_2$  и  $T_4$  – слои с одинаковой комплексной диэлектрической проницаемостью, которые при отсутствии исследуемой неоднородности ( $T_3 = 0$ ) представляют собой однородную структуру с комплексной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = \epsilon_2 = \epsilon_4$ . Слои  $T_2$  и  $T_3$  конечны, в то время как слои  $T_4$  является полупространством ( $T_4 \rightarrow \infty$ ). Начало координат находится на границе между слоями  $T_1$  и  $T_2$ . Антенна  $A_2$  смещена относительно начала

координат в направлении оси  $X$  на величину  $c$ . Антенны настроены на частоту 300 МГц.

Требуется определить взаимный импеданс антенн в присутствии границы раздела при различных значениях глубины залегания  $T_2$  неоднородности  $T_3$ .

В соответствии с [1] взаимный импеданс антенн в присутствии границы раздела записывается следующим образом:

$$Z_{12} = Z_0 + \Delta Z, \quad (1)$$

где  $Z_0$  – характеризует взаимный импеданс двух антенн в свободном пространстве (в отсутствие границ раздела);  $\Delta Z$  – вторичный взаимный импеданс, обусловленный в присутствии границы раздела. Расчет  $\Delta Z$  проводился по формулам, приведенным в [2] при следующих условиях:  $h_1 = h_2 = 3$  см;  $l_1 = l_2$ ;  $\epsilon_2 = \epsilon_4 = 7 - 0,025j$ ;  $\epsilon_3 = 2 - 0,003j$ ;  $T_3 = 10$  см.

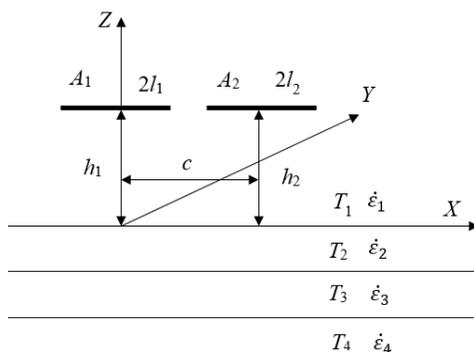


Рис. 1. Геометрия задачи

Далее приведены графики зависимости внесенного полупространством взаимного активного сопротивления  $R_{\text{полн}}$  и реактивного сопротивления  $X_{\text{полн}}$  от расстояния между антеннами  $c/\lambda$  на высотах  $h/\lambda$  для различных значений глубины залегания  $T_2$  (рис. 2). Также приведены зависимости взаимного активного  $R_{\text{св.пр}}$  и реактивного  $X_{\text{св.пр}}$  сопротивлений двух линейных вибраторных антенн, расположенных в свободном пространстве.

**Анализ результатов.** В графиках, которые представлены на рис. 2,  $a, б$ ; рис. 3 не рассматривается случай, когда  $c/\lambda < 0,5$ , т.к. вибраторы при таком разnose накладываются друг на друга. Малые значения  $R_{\text{полн}}$  и  $X_{\text{полн}}$  на (рис. 2  $a, в$ ) обусловлены тем, что значения активных и реактивных составляющих вторичного взаимного импеданса  $\Delta Z$  находятся в противофазе с соответствующими активными и реактивными составляющими величины  $Z_0$  в свободном пространстве.

Для подробного рассмотрения влияния глубины залегания неоднородности на величину модуля полного сопротивления был построен график (рис. 3). Из графика следует, что, во-первых, при увеличении глубины залегания величина модуля  $Z_{12}$  также увеличивается и стремится к значению модуля величины  $Z_0$  в свободном пространстве. Во-вторых, с увеличением расстояния между антеннами  $c/\lambda$  график зависимости модуля  $Z_{12}$  имеет затухающий характер.

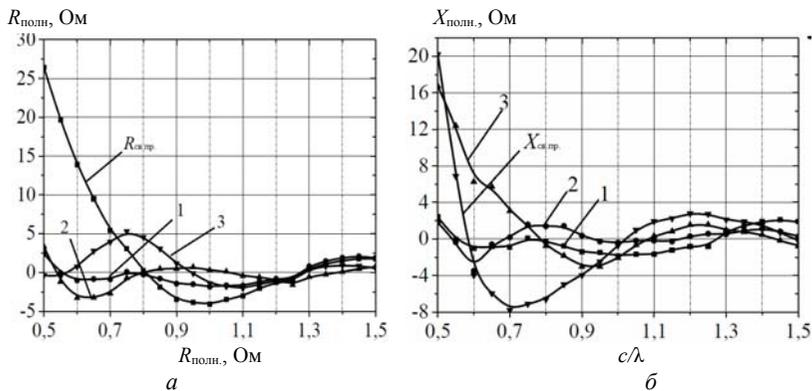


Рис. 2. Зависимость полного активного сопротивления  $R_{\text{полн.}}$  (а) и полного реактивного сопротивления  $X_{\text{полн.}}$  (б) от расстояния между антеннами  $c/\lambda$  при различных значениях глубины залегания  $T_2$  неоднородности:

1 – при отсутствии неоднородности; 2 – при глубине залегания 7 см; 3 – при глубине залегания 15 см

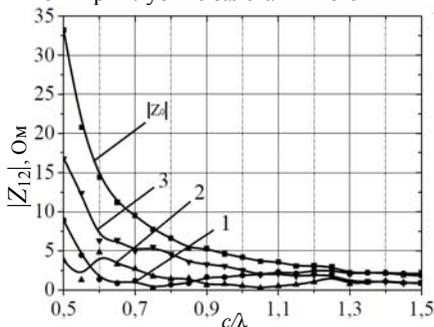


Рис. 3. Зависимость модуля полного сопротивления  $|Z|$  от расстояния между антеннами  $c/\lambda$  при различных глубинах залегания

Таким образом, полученные результаты могут быть полезны при проектировании и эксплуатации приземных антенн, а также при расчетах антенных систем геолокаторов, состоящих из двух первоначально развязанных по первичному сигналу антенн.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шостак А.С., Лукьянов С.П., Дума А.Р., Загоскин В.В. Анализ теоретических и экспериментальных исследований влияния диэлектрических свойств контролируемого полупространства на параметры линейных вибраторных антенн // Журнал радиоэлектроники. – 2001, №1. – С. 1–11.
2. Шостак А.С., Першанин Д.А. Особенности зондирования неоднородных материальных сред с помощью линейных антенн // Изв. вузов. Физика. – 2012, №8/3. – С. 136–137.
3. Лавров Г.А. Князев А.С. Приземные и подземные антенны. – М.: Сов. Радио, 1965. – 472 с.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИНИАТЮРНОГО ФНЧ С РАСШИРЕННОЙ ПОЛОСОЙ ЗАПИРАНИЯ

*Д.В. Ермолов, Б.В. Уткин, студенты каф. РТС*

Научный руководитель П.С. Кернякевич, доцент каф. экономики, к.э.н.  
г. Томск, ТУСУР, [kpst@sibmail.com](mailto:kpst@sibmail.com)

Одним из ключевых элементов многофункциональных приемных устройств, определяющих его массогабаритные характеристики (особенно в дециметровом диапазоне длин волн) являются микрополосковые СВЧ-фильтры. Их разработка и совершенствование конструкции является актуальной проблемой. За десятилетия работы предложен широкий спектр такого рода устройств – от коаксиальных воздушных фильтров на диэлектрических резонаторах [1].

Среди микрополосковых НЧ-фильтров наиболее широко используются фильтры LC-структуры ступенчатого резонатора. Микрополосковый ступенчатый НЧ фильтр прост в конструкции, а также в проектировании. С другой стороны, это связано с рядом очевидных недостатков. Во-первых, фильтры достигают больших габаритных размеров. Во-вторых, характеристики в полосе запираания доходят гораздо с меньшим подавлением, чем прототипом фильтра НЧ. В-третьих, узкий диапазон, ограниченный по полосе запираания. Существует ряд способов улучшения характеристик полосы запираания. Например, можем использовать фильтр более высокого порядка, который, однако, приведет к большему размеру схемы и большим потерям. Чаще всего формулы более высокого порядка фильтра сложны, чем расчетные классические фильтры. С помощью численного метода можем получить приближенные значения параметров фильтра, внедряя добавочные линии, как в полосно-пропускающем фильтре к ФНЧ.

Цель данной статьи – рассмотрение миниатюрного микрополоскового фильтра НЧ с улучшенными экономическими показателями и улучшенными характеристиками полосы загираия, с помощью добавления полосовой связи к классическому фильтру НЧ.

Проектирование и сравнение фильтра НЧ: Фильтр НЧ Чебышевского рода. Спецификация данного фильтра: частота  $f = 2,9 \times 10^9$  Гц, полоса пропускания 0,3 дБ, волновое сопротивление входа и выхода ФНЧ  $Z_0 = 50$  Ом. Диапазон частот от 0 до 2 ГГц. Фильтр реализуется сначала, используя классический ступенчатый ФНЧ показан на рис. 1, *a*. Используется материал диэлектрика поликор с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 9,7$ , тангенс угла диэлектрических потерь  $\text{tg}(\delta) = 0,0001$ . Ширина полосы входных/выходных линий 0,48 мм, волновое сопротивление 50 Ом. С помощью оптимизации и электромагнитного анализа был смоделирован фильтр НЧ, представленный на рис. 1, *б*, результаты оценки его технических характеристик произведены в программе CST Microwave Studio 2016. Экспериментальные результаты представлены на рис. 2, *б*.

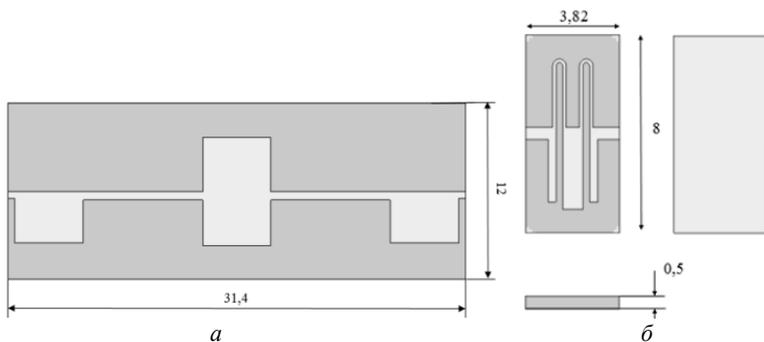


Рис. 1. Общий вид классического ФНЧ (*a*) и миниатюрного фильтра (*б*)

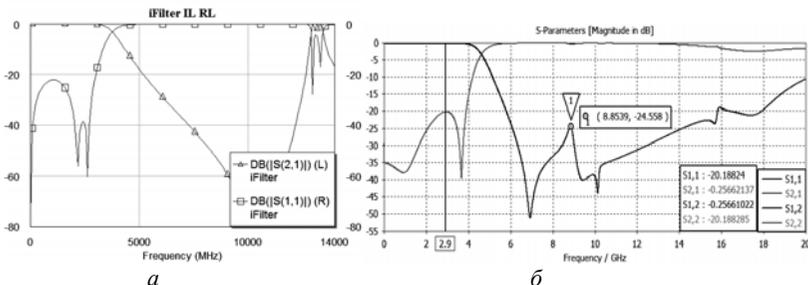


Рис. 2. АЧХ классического фильтра НЧ (*a*) и миниатюрного фильтра (*б*)

Экономические показатели СВЧ-устройства: Современный рынок данных СВЧ-устройств характеризуется всей нарастающей конкуренцией. Экономические показатели фильтров НЧ являются не менее важными, чем технические параметры. Экономические показатели предлагаемого варианта фильтра НЧ являются перспективными. Показатели стоимости фильтра-прототипа НЧ могут быть снижены, причем весьма существенно.

Во-первых, за счет снижения габаритных размеров фильтра, затраты на материалы миниатюрного ФНЧ снижаются в 6 раз. Основные затраты зависят от материала диэлектрика фильтра НЧ. Целесообразно использовать поликор с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 9,7$ . Данный материал, с относительно высокими электрофизическими показателями, сделан из корундовой керамики.

**Материалы диэлектрика с  $\epsilon \approx 10$**

Тип, состав	$\epsilon$	Тангенс угла диэлектрических потерь	Толщина, мм	Размеры листа, мм	Цена за лист, руб.
Поликор/керамика	9,7	0,0001	0,5	480×200	1380
Rogers 6010/керамика	10,2	0,0023	0,635	254×254	1700
ФЛАН-10/керамика	10	0,0015	0,5	340×260	1650

Во-вторых, при меньшей стоимости, данное СВЧ устройство обладает более высокими потребительскими качествами за счет более высоких технических характеристик. В таблице 1 представлено сравнение материалов диэлектрика с похожей диэлектрической проницаемостью  $\epsilon \approx 10$ . Цена данного диэлектрика значительно ниже, в 1,2 раза, в отличие от Rogers 6010 и ФЛАН-10.

Эти технико-экономические качества данного фильтра, по сравнению с качествами аналоговых фильтров НЧ, в сочетании с более низкой стоимостью, могут обеспечить более высокий спрос на данное СВЧ-устройство.

Поэтому производство данного фильтра НЧ, особенно массовое, может оказаться перспективным и прибыльным, при одновременном улучшении качества продукции, в которой может использоваться данное СВЧ-устройство.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Проектирование радиоприемных устройств / Под ред. А.П. Сиверса. – М., Сов. радио, 1976.

## СИМИСТОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА MSP430

*Д.С. Лункин, К.Н. Калдар, А.А. Гуртовенко, студенты*  
*Научный руководитель Р.О. Черепанов, доцент каф. КСУП, к.ф.-м.н*  
*г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, lunkin.dmitriy@gmail.com,*  
*kairat.kkn@mail.ru, alexey.gurtovenko@gmail.com*  
 Проект ГПО ЭСАУ-1503 «Микроконтроллеры – это просто»

Для управления некоторыми видами бытовых приборов (например, электроинструментом или пылесосом) применяют регуляторы мощности. Довольно часто используют симисторные регуляторы мощности.

В рамках группового проектного обучения перед нами была поставлена задача по разработке и сборке симисторного регулятора мощности с микроконтроллерным управлением, на базе MSP-430. Согласно техническому заданию, устройство должно обеспечить 10 уровней мощности, соответственно от 0–100%, с дискретностью 10%

Исходя из ТЗ, нами была выбрана следующая компонентная база: микроконтроллер MSP430G2553, оптопара МСC3043, симистор ВТА10–600, резисторы, конденсаторы, 2 механические кнопки, светодиода. Электрическая принципиальная схема устройства составлена с применением программного пакета Proteus и приведена на рис. 1.

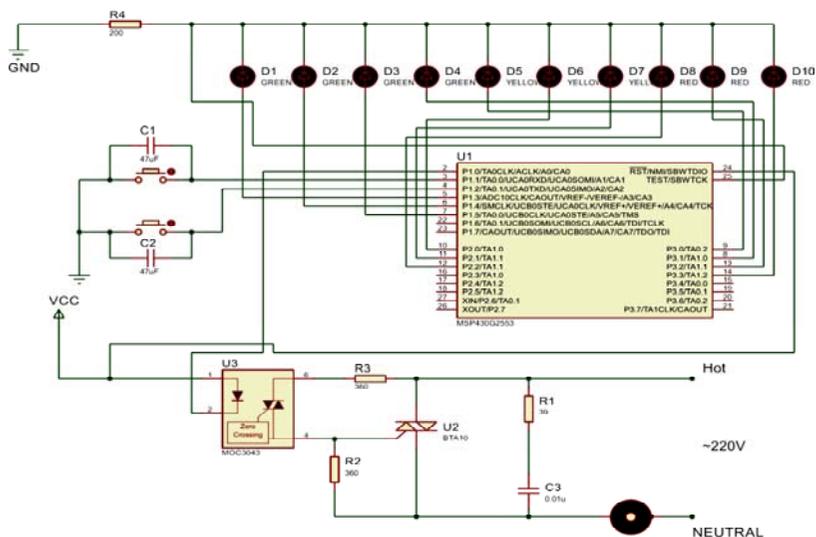


Рис. 1. Электрическая принципиальная схема устройства

Принцип работы данного устройства заключается в следующем: микроконтроллер MSP430 управляет открытием\закрытием симистора, выдавая на вывод оптопары в определенные промежутки времени импульсы. Оптопара служит для гальванической развязки цифровой части схемы с силовой частью, посредством оптического канала. Соответственно, импульс поступает на управляющий электрод симистора ВТА10-600, открывает его и пока он открыт, через нагрузку течет ток, выделяется мощность. Две механические кнопки предназначены для изменения мощности в диапазоне 0–100%, с дискретностью 10%. Светодиоды индицируют уровень мощности. В качестве нагрузки переменного тока был выбран двигатель переменного тока.

Устройство изображено на рис. 2.

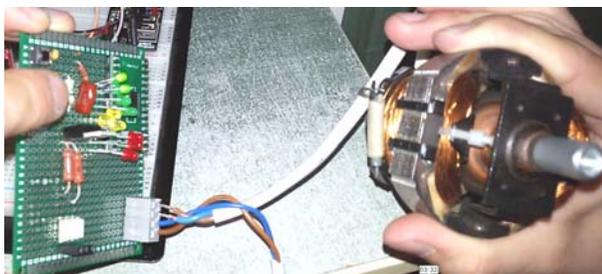


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема устройства

Код Программы:

```
#include <msp430.h>
#include <stdio.h>
unsigned int percentage;
#define SIMISTOR BIT0
#define SIMISTOR_ON P1OUT &= ~BIT0
#define SIMISTOR_OFF P1OUT |= BIT0
#define btn1_pin BIT1
#define btn2_pin BIT2
void init_button(void); // прототип функции иниц. кнопок (определение инкапсулировано)
void indication(); // прототип функции для индикации (определение инкапсулировано)
int main(void)
{
    P1DIR |= SIMISTOR; // пин, отвечающий за лампу
    P1OUT = 0;
    volatile unsigned int i;
    unsigned int cnt = 0;
    init_button(); // инициализация 2 кнопок
    __enable_interrupt(); // глобальное разрешение прерываний
    percentage = 0; // стартуем с нулевой мощности
    while(1)
    {
        cnt = (cnt+1) % 10; // изменение счетчика от 1 до 10
        if (cnt >= percentage )
```

```

    {
        SIMISTOR_OFF;//лог. 0 на управляющий электрод – закрытие симистора
    }
    else
    {
        SIMISTOR_ON;// лог. 1 на управляющий электрод – открытие симистора
    }
    i=100;
    do // цикл для задержки(подобран экспериментально)
    {
        i--;
    } while(i != 0);
}
return 0;
}
}
#define btn1_pressed ( P1IFG & btn1_pin )
#define btn2_pressed ( P1IFG & btn2_pin )
#define btn1_drop P1IFG &= ~btn1_pin
#define btn2_drop P1IFG &= ~btn2_pin
#pragma vector = PORT1_VECTOR
__interrupt void P1_ISR(void)// обработчик прерывания порта по фронту 1-0
{
    if btn2_pressed // если была нажата кнопка, которая отвечает за увеличение скорости
    {
        if (percentage < 10)
        {
            percentage++;
            indication();
        }
        btn2_drop; // очищаем флаг прерывания для кнопки 1
    }
    if btn1_pressed // если нажата кнопка, которая отвечает за уменьшение скорости
    {
        if (percentage > 0 )
        {
            percentage--;
            indication();
        }
        btn1_drop; // очищаем флаг прерывания для кнопки 2
    }
    P1IFG = 0;// сброс флага в конце обработчика – нужен для корректной работы.
}
}

```

Было разработано устройство, функционал которого полностью удовлетворяет требованию ТЗ. Работоспособность устройства была проверена на двигателе переменного тока.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. MSP430 – учебный курс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://we.easyelectronics.ru/msp430/msp430---uchebnyu-kurs.html> (дата обращения 14.02.2018).
2. Белов А.В., Семенов А.В. Создаем устройства на микроконтроллерах. – СПб.: Наука и техника, 2007. – 307 с.

## **ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ДАТЧИКА ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СМЕЩЕНИЙ КРОВЛИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

*М.А. Иноземцев, аспирант каф. ТУ, ст. преп.*

*г. Прокопьевск, ф-л Кузбасского государственного технического университета, каф. информационных технологий, машиностроения и автотранспорта*

В настоящее время проблема безопасного ведения горных работ является весьма актуальной задачей и для ее реализации на угольных и иных шахтах используются различные методы контроля за состоянием кровли горных выработок. Однако применяемые методы контроля обладают рядом недостатков, таких как невысокая точность измерений, необходимость привлечения персонала для периодического снятия показаний с измерительных систем, необходимость визуального считывания показаний, и, как следствие, высокая вероятность ошибки, связанная с влиянием человеческого фактора.

В связи с этим, наиболее целесообразным подходом для решения указанной задачи является разработка автоматизированной системы контроля вертикальных смещений кровли горных выработок. Целью подобной системы является сбор информации о величинах смещений и передача необходимой информации о них на пульт диспетчера. Применение современных методик позволяет организовать непрерывный мониторинг и высокую точность измерений (до 1 мм). Сложностью реализации данной системы является значительная протяженность горных выработок, которая может достигать нескольких километров, размещение элементов системы в подземном пространстве, а также их значительное удаление от пункта диспетчерского контроля и управления.

Так как основной задачей является сбор информации о величинах смещений, то одним из главных элементов системы являются датчики линейных смещений. В настоящее время для измерения линейных перемещений используются датчики различной конструкции и основанные на различных физических принципах (емкостные, резистивные и другие виды). Наибольший интерес при решении данной задачи представляют собой датчики дифференциально-трансформаторного типа (линейные дифференциальные трансформаторы). В [1] приведен детальный обзор различных конструкций указанных датчиков. Принцип их действия основан на изменении взаимных индуктивностей обмоток трансформатора при перемещении ферромагнитного сердеч-

ника. Достоинством указанных датчиков является линейность выходной характеристики и обеспечение необходимой точности измерений. Однако существующие датчики, изготавливаемые серийно, имеют сравнительно небольшой диапазон измеряемых перемещений: единицы – десятки миллиметров, в то время как для реализации автоматизированной системы контроля диапазон измеряемых перемещений должен составлять 150 мм. Датчики с наиболее близким диапазоном измерений изготавливает АО НПЦ «Полус» (г. Томск) [2]. Для работы подобных датчиков требуется отдельный внешний источник синусоидальных сигналов, что потребует монтажа на объекте не только датчика, но и генератора.

Кроме того, многие из производимых датчиков формируют на выходе аналоговый сигнал, передача которого на значительное расстояние может быть затруднена (из-за влияния множества помех, наводок), что требует использования дополнительных модулей, преобразующих аналоговый сигнал в цифровой для последующей его обработки средствами вычислительной техники.

В связи с этим, для решения задачи по разработке системы мониторинга, целесообразно разработать конструкцию датчика, объединяющую в одном корпусе все необходимые элементы:

- линейный дифференциальный трансформатор;
- генератор, обеспечивающий формирование напряжения синусоидальной формы для питания возбуждающей обмотки трансформатора;
- цифровой модуль, назначением которого является преобразование аналогового сигнала, полученного с вторичной обмотки трансформатора, в цифровой сигнал, последующая обработка цифрового сигнала и формирование цифрового сигнала для передачи на вычислительный блок.

Такая конструкция позволит упростить монтаж датчика на объекте, сократить количество подводимых проводников, и выполнить требования по взрывозащищенности и искробезопасности.

На основании анализа требований к решаемой задаче, необходимо разработать конструкцию датчика, удовлетворяющего следующим требованиям:

- диапазон измеряемых перемещений: от 0 до 150 мм;
- напряжение питания: не более 12 В постоянного тока (из условий искробезопасности);
- тип выходного сигнала: цифровой;
- обеспечение выполнения нормативов по искробезопасности и взрывобезопасности.

Особое внимание следует уделять стабильности частоты генератора сигналов, так как во многом от этого фактора зависит точность определения перемещений.

Конструктивно датчик проектируется в виде металлического цилиндра, необходимого для защиты датчика от механических воздействий и от внешних электромагнитных полей, внутри которого будут размещаться элементы конструкции датчика.

Взрывобезопасность и искробезопасность обеспечивается путем использования гальванической развязки по цепям питания и сигнальным цепям, ограничения напряжения питания и потребляемого тока и применения соединителей, предназначенных для использования во взрывоопасной и искроопасной среде.

Таким образом, по мнению автора, применение подобных датчиков позволит наиболее эффективно и с заданной точностью осуществлять контроль вертикальных смещений кровли горных выработок и позволит на базе этих датчиков создать эффективную систему контроля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федотов А.В. Теория и расчет индуктивных датчиков перемещений для систем автоматического контроля. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – 176 с.

2. Индукционные датчики линейных перемещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://polus.tomsknet.ru/?id=217#table2> (дата обращения: 10.03.2018).

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ МИКРОТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

*В.О. Бондаренко, А.К. Драйлинг, А.Н. Калбаев, студенты*

*Научный руководитель Д.В. Озеркин, доцент каф. РЭТЭМ, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. КИПР, ozerkin.denis@yandex.ru*

Иногда от бортовой космической или измерительной радиоаппаратуры требуется повышенная стабильность или точность. В этих случаях в необходимых узлах либо применяют специальные термокомпенсированные компоненты, либо используют термостатирование. Второй путь дешевле, перспективнее, он может применяться в микроконтроллерных системах даже с большей эффективностью, так как функции дискретных элементов термостата полностью берут на себя микроконтроллер и встроенное программное обеспечение.

Сформулируем преимущества микротермостатирования: обеспечение термоконтроля одного или нескольких электрорадиоизделий

(ЭРИ), что позволяет экономить массогабаритные показатели и потребляемую мощность, так как выбираются только необходимые и достаточные ЭРИ для термостатирования.

Рассмотрим принцип микротермостатирования. В наиболее простом случае измеряется напряжение база-эмиттер транзистора, который используется как датчик температуры и, одновременно, как нагреватель. Простейший алгоритм, по достижении порогового напряжения снижающий базовый ток транзистора на заданное время, позволяет поддерживать температуру термостата с точностью не хуже  $\pm 0,2$  °С. Такой точности более чем достаточно для решения задач повышения метрологических характеристик аппаратуры, в том числе находящейся в эксплуатации, так как редко микроконтроллер (МК) используется на 100%, а в данном случае требуется один свободный порт ввода/вывода (с возможностью аналого-цифрового преобразования) и несколько десятков байт программной памяти. В локальном термостатировании, в первую очередь, нуждаются частотозадающие элементы и источники опорного напряжения, в том числе в составе микросхем. Применение в качестве датчика-нагревателя миниатюрных транзисторов в SMD исполнении позволяет термостатировать практически любой элемент микроконтроллерной системы, а то и несколько элементов одновременно.

Рассмотрим схему и принцип работы опытного образца. Авторами был собран опытный образец микротермостата и к нему написана программа в среде ARDUINO IDE, позволяющие термостатировать ЭРИ в заданном температурном диапазоне.

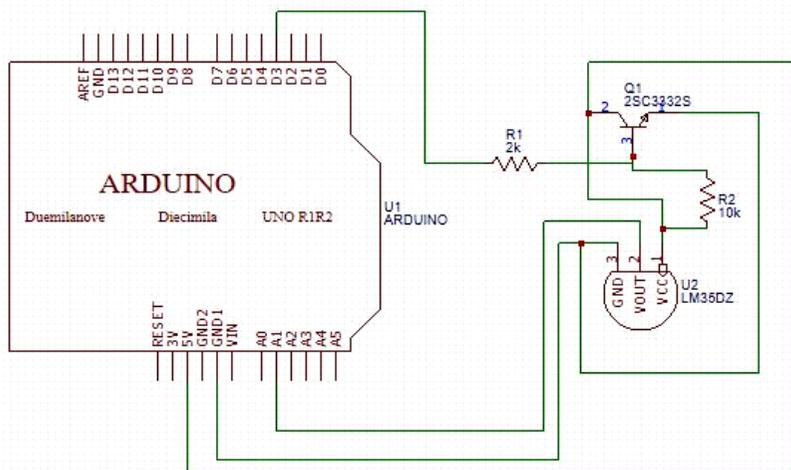


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная

Программа, написанная в среде разработки Arduino (рис. 2), называется скетчем. Скетч пишется в текстовом редакторе, который имеет цветовую подсветку создаваемого программного кода. Дополнительная функциональность может быть добавлена с помощью библиотек, представляющих собой оформленный специальным образом код. Среда обычно поставляется со стандартным набором, который можно постепенно пополнять.

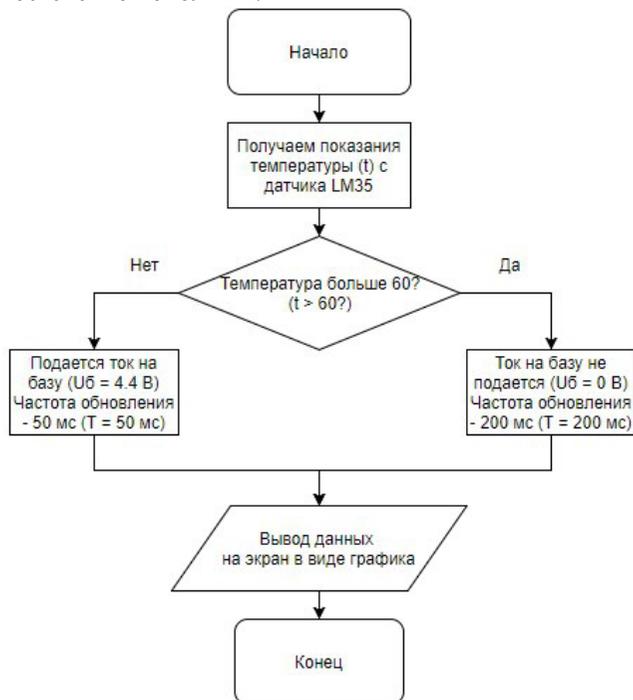


Рис. 2. Блок-схема программы для Arduino

В перспективе планируется использовать разработанный опытный образец для микротермостатирования типовых функциональных узлов бортовой космической радиоаппаратуры, таких как стабилизаторы напряжения, генераторы частоты, усилители постоянного тока и т.д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство для регулирования температуры. А.с. СССР, 997004, Оуб.: 15.02.1983. Авторы: Долотов, Преображенский.
2. Елизаров Л. Стабилизатор температуры жала паяльника // Радио. – 2014, № 10. – С. 33.

3. [Электронный ресурс] URL: [www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=277869](http://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=277869)

4. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.

5. [Электронный ресурс]. URL: [www.rlocman.ru/forum/showthread.php?t=24205](http://www.rlocman.ru/forum/showthread.php?t=24205)

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЫ НА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛОВ**

*Д.Е. Понамарев, студент*

*Научный руководитель Е.В. Масалов, д.т.н., проф.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. КИПР, [dmitri4ponamarev@gmail.com](mailto:dmitri4ponamarev@gmail.com),  
[e-v-masalov@yandex.ru](mailto:e-v-masalov@yandex.ru)*

*Проект ГПО КИПР-1302 «Исследование эффективности  
методов дистанционного зондирования метеообъектов  
радиолокационным способом»*

При решении задач о дистанционном зондировании метеообразований ранее [1–3] был рассмотрен случай, когда среда распространения однородная. Однако наибольший интерес представляет анализ изменчивости поляризационной структуры радиолокационного сигнала в процессе дистанционного зондирования неоднородной среды, заполненной гидрометеорами. При этом под неоднородностью среды следует понимать наличие вдоль трассы распространения радиолокационного сигнала участков метеообразований, степень поляризационной анизотропии и угол ориентации поляризационного базиса которых отличаются от указанных характеристик остальной части метеообразования.

При зондировании подобных сред особый интерес представляет использование поляризационных радиолокаторов, реализующих метод модифицированной дифференциальной радиолокационной отражаемости  $Z_{MDR}$ . Для этого метода, как показано в [2], характерным является последовательное излучение сигналов с круговой и линейной поляризациями и согласованный с этими видами поляризации приём сигналов. Величина  $Z_{MDR}$  оценивается выражением (1).

$$Z_{MDR}(z) = 20 \lg \left( \frac{|E_R|}{|E_X|} \right), \quad (1)$$

где  $E_R$  – амплитуда принятого сигнала с круговой поляризацией;  $E_X$  – амплитуда принятого сигнала с линейной поляризацией.

При этом следует учитывать, что при рассеянии анизотропным участком метеообразования угол наклона эллипса поляризации  $\beta_p(z)$  (2) и угол эллиптичности  $\alpha_D(z)$  (3) определяются как дифференциальными факторам среды распространения [2], так и модулем фазора и фазой фазора рассеиваемой волны.

$$\beta_p = \frac{1}{2} \arctg \left( \frac{2 \operatorname{tg} \gamma_p \cdot \cos(\Delta\Phi z + \varphi_p)}{1 - \operatorname{tg}^2 \gamma_p} \right) + \frac{\pi n}{2}, \quad (2)$$

$$\alpha_p = \frac{1}{2} \operatorname{arsin} \left( \frac{2 \operatorname{tg} \gamma_p \cdot \sin(\Delta\Phi z + \varphi_p)}{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_p} \right), \quad (3)$$

где  $\gamma_p$  – модуль фазора рассеянной волны;  $\varphi_p$  – разность фаз между ортогональными компонентами волны (фаза фазора).

Причём  $\gamma_p$  и  $\varphi_p$ , кроме всего прочего, являются функциями степени поляризационной анизотропии  $\mu$  и угла ориентации поляризационного базиса анизотропного участка  $\theta$ .

Предварительный анализ результатов расчётов свидетельствует о наличии выраженной зависимости величины  $Z_{MDR}$  как от начального угла ориентации собственного базиса среды распространения  $\beta_n$ , так и от величин  $\mu$  и  $\theta$ .

Для иллюстрации последнего утверждения на рис. 1 приведены зависимости  $Z_{MDR}$  от длины трассы  $z$  для случая интенсивности осадков  $R = 12,5$  мм/ч,  $\mu = 0,2$  и  $\theta = 90^\circ$  при различных значениях  $\beta_n$ .

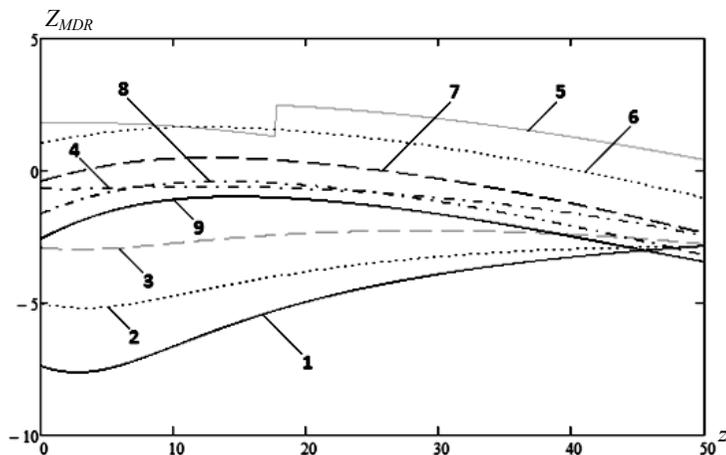


Рис. 1. Зависимости  $Z_{MDR}$  от длины трассы  $z$  для  $R = 12,5$  мм/ч,  $\mu = 0,2$  и  $\theta = 90^\circ$ : при  $\beta = 0^\circ$  (1);  $\beta = 11,25^\circ$  (2);  $\beta = 22,5^\circ$  (3);  $\beta = 33,75^\circ$  (4);  $\beta = 45^\circ$  (5);  $\beta = 56,25^\circ$  (6);  $\beta = 67,5^\circ$  (7);  $\beta = 78,75^\circ$  (8);  $\beta = 90^\circ$  (9)

В этом случае наблюдается ярко выраженная изменчивость параметра  $Z_{MDR}$  по сравнению с результатами для однородной среды. С ростом интенсивности осадков изменчивость указанного параметра происходит ещё в больших пределах. Данные обстоятельства указывают на необходимость проведения дальнейших исследований с целью определения тенденции изменчивости  $Z_{MDR}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Понамарев Д.Е. Анализ информативности данных при использовании разных видов поляризации в метеорологических радиолокаторах // Матер. науч.-техн. конф. «Научная сессия ТУСУР–2017». – Томск: В-Спектр. – Ч. 1. – С. 75–78.
2. Масалов Е.В., Кривин Н.Н., Ещенко С.Ю. Анализ влияния однородно-го гидрометеорологического образования на поляризационные характеристики электромагнитной волны // Изв. высш. учеб. завед.: Физика. – 2017.
3. Масалов Е.В., Янов С.В. Влияние ориентации собственного базиса метеообъекта на точностные характеристики // Доклады ТУСУРа. – 2011, №2 (24), ч. 3.

### ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОСБОРОК ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИЛОВЫХ КЛЮЧЕЙ

*М.П. Сухоруков, В.В. Мамлина, Д.В. Ли, Н.А. Шаляпина*  
*master\_li95@mail.ru*

В настоящее время основным требованием, предъявляемым к современным высоковольтным системам электропитания (СЭП) космических аппаратов (КА), является обеспечение массогабаритных показателей при сохранении функциональности вновь разрабатываемой аппаратуры. Одним из решений сложившейся ситуации является применение в составе СЭП КА интеллектуальных силовых ключей изготовленных на базе современных методов объемной интеграции с применением различных технологий создания микросборок.

Применение интеллектуального силового ключа, который представляет собой интегрированную в одном корпусе систему из мощного полевого транзистора и драйвера, позволит обеспечить массогабаритные и функциональные показатели высоковольтных СЭП КА.

В работе были рассмотрены основные технологии изготовления микросборок, реализованные в России, позволяющих разрабатывать интеллектуальные силовые ключи.

**PoP (Package-on-Package).** Технология заключается в установке нескольких корпусов микросхем друг на друга. Корпус микросхемы

первого уровня имеет шариковые выводы (аналог корпуса BGA) и отличается от обычных BGA только наличием контактных площадок на верхней поверхности корпуса микросхемы. Микросхема второго уровня выполняется в обычном корпусе BGA.

Первоначально технология применялась в микроэлектронике, но затем точность оборудования для SMD монтажа позволила использовать её в электронике более широкого применения (телекоммуникации, мобильные телефоны, цифровые камеры, портативные медиаплееры и др.).

Технология PoP позволяет минимизировать длину дорожки, что приводит к повышению электрических характеристик устройств, поскольку более короткая маршрутизация межсоединений между цепями приводит к более быстрому распространению сигнала и уменьшению шума и перекрестных помех.

Данная технология реализована в России компанией «А-Контракт» (г. Санкт-Петербург).

**3D-MID – метод двухкомпонентного литья и прямого лазерного структурирования (LDS).** 3D-MID представляет собой 3D основание из термопласта, которое изготовлено методом литья с металлизацией проводящего рисунка на активированных участках трехмерной поверхности устройства. Наибольшее распространение на данный момент получили методы двухкомпонентного литья под давлением и однокомпонентного литья с последующим аддитивным или субтрактивным лазерным структурированием проводящего рисунка. [2].

Недостатком технологии является то, что температура размягчения многих полимеров ниже, чем температура плавления традиционных припоев, объемное основание при пайке компонентов может деформироваться. Поэтому для монтажа необходимо применять низкотемпературные припои, например, висмут-оловянные.

Наиболее широкая область применения данной технологии – антенны мобильных устройств (смартфонов, телефонов, ноутбуков и т.д.). Так же технология получила распространение в таких направлениях, как: автоэлектроника, медицинская техника, радиометки.

3D-MID реализована в России в компании ООО «Остек-СМТ» (г. Москва).

**LTCC.** Керамика с низкой температурой обжига (LTCC) – технология производства многослойных схем на основе спеченных керамических носителей с максимальной температурой обжига около 850–900 °С [3].

Основными материалами, необходимыми для производства изделий, являются керамические порошки, специальные добавки, готовые керамические листы, а также пасты [4].

Областями применения данной технологии является бытовая техника (встроенные антенны смартфонов, различные излучатели в некоторых микроволновых печах), автомобилестроение, медицинская техника, военные изделия и спутниковые системы.

Данная технология реализована в России компанией АО «ПКК Миландр» в г. Москва, г. Нижний Новгород, г. Воронеж, г. Екатеринбург, г. Минск.

**НТСС.** Высокотемпературная совместно обжигаемая керамика – технология вжигания металлических и изоляционных паст с температурой обжига выше 1000 °С [5].

Для формирования проводящих дорожек используются тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден и производные на их основе) с довольно умеренной электропроводностью. Гальваническое никелирование и позолота необходимы после спекания для получения пайки и связующих слоев.

Применяют в микроэлектронике для корпусирования сенсоров, SMD, оптических и силовых элементов, в качестве нагревателей и теплопроводов, а также при производстве интегральных схем и компактных модулей.

Данная технология реализована в России компанией АО «ПКК Миландр» в г. Москва, Нижний Новгород, Воронеж, Екатеринбург, Минск.

**Выводы.** Исследование и разработка технологий объемной интеграции является актуальной задачей, интерес к разработке новых подходов и методик создания устройств на их основе непрерывно растет.

Для интеллектуальных силовых ключей СЭП КА важными характеристиками являются многослойность и теплопроводность, из всех перечисленных выше технологий этим требованиям удовлетворяет технология 3D-MID и благодаря тому, что 3D-MID позволяет сократить массу и габариты изделия, данная технология является более перспективной для использования в космической промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технология Package-on-Package или PoP (корпус на корпусе) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://a-contract.ru/produkcija/dopolnitelno/pop-montazh/#124>, свободный (дата обращения: 23.10.2017).

2. Камышная Э. Н. Системный анализ 3D-MID технологий / Э. Н. Камышная, А. Е. Курносенко, Ю. В. Иванов // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – № 11. – С. 15-15 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://engjournal.ru/articles/1047/1047.pdf>, свободный (дата обращения: 23.10.2017).

3. Кондратюк Р. ЛТСС-низкотемпературная совместно обжигаемая керамика // Наноиндустрия. – 2011. – Т. 26. – № 2. – С. 26-30 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.nanoindustry.su/files/article\\_pdf/2/article\\_2770\\_496.pdf](http://www.nanoindustry.su/files/article_pdf/2/article_2770_496.pdf), свободный (дата обращения: 23.10.2017).

4. Карабан В.М. Программная реализация трехмерного моделирования тепловых процессов в многослойных интегральных схемах космического назначения / В.М. Карабан, М.П. Сухоруков, Е.А. Морозов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2014. – Т. 6. № 3. С. 397–403.

5. НТСС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://de.wikipedia.org/wiki/НТСС>, свободный (дата обращения: 22.10.2017).

## **УСТРОЙСТВО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ЛЬДА**

***И.И. Горелкин, В.П. Зайцев, студенты;***

***М.М. Абулкасымов, ассистент***

*Научный руководитель – А.С. Шостак, профессор каф. КИПР, д.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. КИПР, [login\\_ilya\\_ru@inbox.ru](mailto:login_ilya_ru@inbox.ru)*

*Проект ГПО КИПР-1303 «Исследование радиолокационных методов подповерхностного зондирования»*

В настоящее время, как в военной, так и в гражданско-спасательной деятельности задачи определения толщины льда являются актуальными.

Допустимая масса транспортного средства, при движении через ледовую переправу меняется в зависимости от толщины ледяного покрова: для одного пешехода – 7 см, для организованной пешей переправы – 15см, для одиночной легковой машины – 30 см и т.д.

Несмотря на достаточно большой технологический прогресс, традиционным способом исследования толщины ледяного покрова является бурение лунок через каждые 50–100 м по профилю. Однако, толщина льда может меняться до предельно недопустимой уже в радиусе 2–3 м. Следовательно имеется потребность в устройстве, которое позволит производить неразрушающий контроль толщины ледяного покрова рек.

В настоящей работе представлены возможности измерения толщины льда радиолокационным методом.

С целью определения возможности оценки толщины льда, проведено теоретическое и практическое моделирование задачи о нормальном падении плоской электромагнитной волны (угол падения  $\Theta = 0$ ) перпендикулярной поляризации на диэлектрическую среду с комплексной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon^*$ .

Из среды с комплексной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_1^*$  нормально падает плоская электромагнитная волна на слой с толщи-

ной  $h_1$  и комплексной диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_2^*$ , нижней границей слоя  $h_1$  является лёд с параметрами:  $\varepsilon_2^* = 3,5 - 0,05j$ .

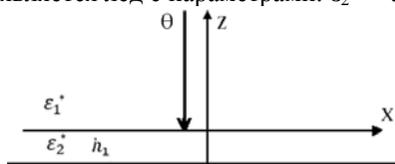


Рис. 1. Геометрия задачи

Требуется определить коэффициент отражения ( $R_{\text{отр}}$ ) от исследуемой среды в зависимости от частоты зондирующего сигнала  $f$  (длины волны  $\lambda$ ) в диапазоне 3–7 ГГц. Используя результаты работ [1–3], запишем выражения для коэффициента отражения ( $R_{\text{отр}}$ ):

$$R(f, \varepsilon) = \frac{\eta_{12} + r_{23} \times e^{-2 \frac{i \times 2 \times \pi \times \sqrt{\varepsilon_2} \times h}{\lambda(f)}}}{1 + \eta_{12} \times r_{23} \times e^{-2 \frac{i \times 2 \times \pi \times \sqrt{\varepsilon_2} \times h}{\lambda(f)}}},$$

где

$$\eta_{12} = \frac{-(\sqrt{\varepsilon_1} - \sqrt{\varepsilon_2})}{\sqrt{\varepsilon_1} + \sqrt{\varepsilon_2}}, \quad r_{23} = \frac{-(\sqrt{\varepsilon_2} - \sqrt{\varepsilon_3})}{\sqrt{\varepsilon_2} + \sqrt{\varepsilon_3}}.$$

Расчеты значений коэффициентов отражения  $R_{\text{отр}}$  проводились для дискретных слоев льда 3, 6, 9 см. Результаты расчетов представлены на рис. 2.

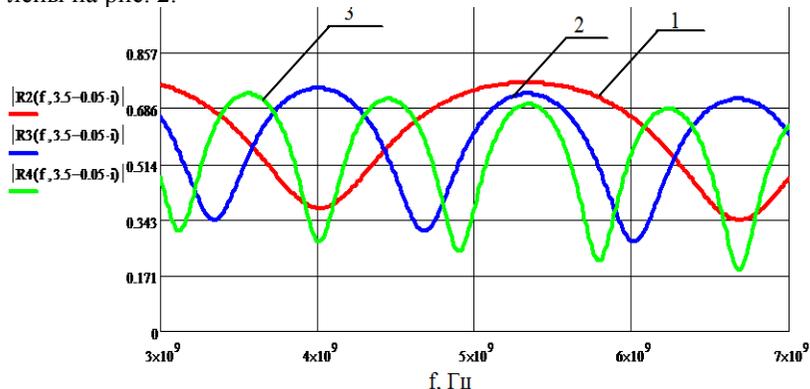


Рис. 2. Зависимость коэффициента отражения от длины волны для слоя льда: 1 – 3 см; 2 – 6 см; 3 – 9 см

На рис. 4 представлена структурная схема устройства контроля обледенений, позволяющая в простейшем случае визуальнее определять толщину льда.

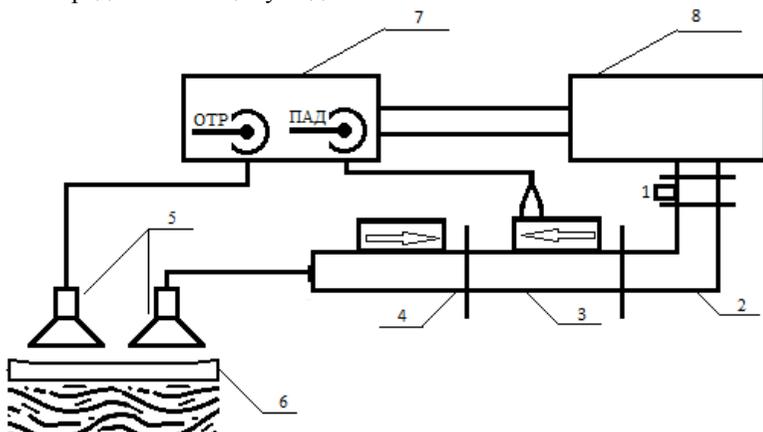


Рис. 3. Структурная схема устройства: 1 – аттенюатр; 2 – переход; 3 – детектор направленной падающей волны; 4 – детектор отраженной волны; 5 – рупорные антенны; 6 – ледяной покров; 7 – индикатор КСВН и ослабления; 8 – генератор качающей частоты

Графики построены в программном обеспечении Origin 8 и представлены на рис 4.

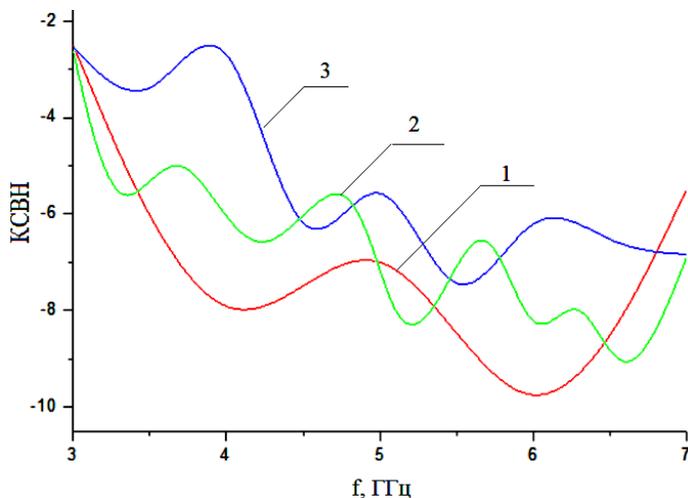


Рис. 4. Результаты измерений на установке для слоя льда: 1 – 3 см; 2 – 6 см; 3 – 9 см

Анализ кривых на рис. 2 и 4 позволяет сделать следующие выводы.  
– С ростом толщины исследуемой среды (льда) растет число экстремумов на кривых.

– Толщина исследуемой среды соответствует количеству экстремумов на кривых. Для примера, кривая (3 см) имеет 3 экстремума.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шостак А.С., Гончаров А.В., Першанин Д.А. Контроль однородных и неоднородных сред с помощью линейных антенн // Изв. Вузов. Физика. – Томск: – 2010. – С. 265–266.

2. Дорохов В.И., Шостак А.С. Контроль толщины диэлектриков на СВЧ. Электромагнитные методы исследования и контроля материалов. – Томск: Изд-во. Том. ун-та, 1977. – 199 с.

3. Дорохов В.И., Шостак А.С. Контроль гомогенности неоднородных смесей. Электромагнитные методы исследования и контроля материалов. – Томск: Изд-во. Том. ун-та, 1977. – С. 128–131.

4. Дорохов В.И., Шостак А.С. Контроль гомогенности неоднородных смесей. Электромагнитные методы исследования и контроля материалов. – Томск: Изд-во. Том. ун-та, 1977. – С. 128–131.

## ПОДСЕКЦИЯ 1.3

### РАДИОТЕХНИКА

*Председатель – Семенов Э.В., проф. каф. РЗИ, д.т.н., доцент  
зам. председателя – Артищев С.А., инженер каф. КУДР, к.т.н.*

#### ИССЛЕДОВАНИЕ КЛАССИФИКАТОРА ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

*М. Дивеева, магистрант каф. РЗИ*

*Научный руководитель Н.Д. Хатьков, доцент каф. РЗИ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, manydiveeva@gmail.com*

Сегодня специалистами в области информационных технологий разрабатываются мобильные приложения, которые позволяют решать огромное количество задач. В современном мире актуальна разработка инновационной технологии, дающей смартфону новые возможности, например, распознавать тип поверхности, на которой он лежит [1]. Такая функция открывает ряд новых возможностей для создания приложений, от улучшенного поиска аппарата, когда он потерялся, до выполнения разных заданных действий, зависящих от типа поверхности, которую смог классифицировать телефон.

Целью данной работы является выявление наличия классификационных признаков поверхностей на основе корреляционного алгоритма анализа изображений поверхностей.

Схема установки получения изображений представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема установки получения изображений поверхностей с помощью веб-камеры и лупы 10× (подсветка – белый свет)

В качестве образцов исследуемых цифровых изображений взяты три вида поверхностей белая бумага (1), пластиковое, имитирующее текстуру коричневого дерева, покрытие (2) и тканевая синяя обивка мебели (3) (рис. 2, 3).

Корреляционный метод использует для сравнения эталон – в этом трудность его применения для целей классификации. В качестве эталона предлагается использовать само изображение поверхности в двух вариантах. Первый вариант – учитывать какие-либо текстурные особенности поверхностей, а второй – оптический спектр образцов (RGB).

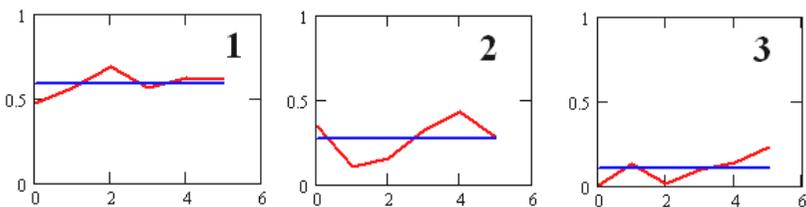


Рис. 2. Корреляционные зависимости для каждой из трех поверхностей, состоящей из 6 образцов для первого варианта эталона

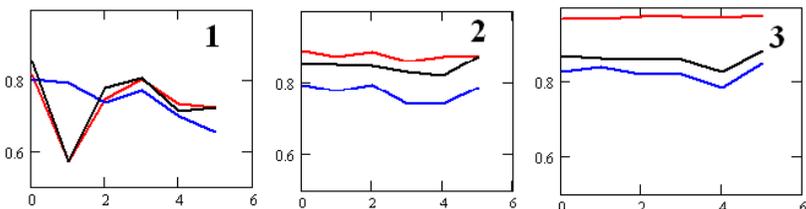


Рис. 3. Корреляционные зависимости для каждой из трех поверхностей, состоящей из 6 образцов для второго варианта эталона

Из результатов измерений (см. рис. 2, 3) видно, что использование и первого и второго типа эталонов, позволяют реализовать корреляционный классификатор типов для произвольных поверхностей, причем более точным является использование спектральных характеристик поверхностей. Это подтверждается результатами мультиспектральных измерений в [1].

Таким образом, в работе оказалось возможным создание инвариантного эталона для корреляционного классификатора поверхности на основе ее изображения. Возможность увеличения числа классифицируемых поверхностей может быть достигнута за счет комбинации нескольких инвариантных эталонов, формируемых для одной и той же поверхности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Голованов Г. Смартфоны смогут определять тип поверхности, на которой лежат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hightech.fm/2017/09/05/smartphone-surface>

## ПРОВЕДЕНИЕ СИМУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМА ТЕПЛООВОГО ОБМЕНА СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММЫ НА ПРОСТОМ ПРИМЕРЕ МНОГОСЛОЙНОЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

*В.В. Рязанов, техник ОАО «НИИПП»*

*Научный руководитель В.Д. Дмитриев, к.т.н., каф. ТОР  
г. Томск, ТУСУР, dvd51@mail.ru*

В последнее время внимание уделяется вопросам тепловой энергоэффективности: организации грамотного и технологически верного решения охлаждения компонентов печатной платы при минимальных экономических затратах на производство. В случае проведения раннего этапа проведения симулирования средствами программы режимов теплового обмена дает раннее представление о необходимости проведения комплекса по обеспечению лучшего охлаждения всей печатной платы, либо же организации комплекса мер по дополнительному отводу тепла отдельных участков печатной платы.

С помощью пакета программы SolidWorks Simulation исследовать температурный режим работы модели многослойной печатной платы, разделенной между собой различными диэлектриками с расположенными между ними проводящими слоями меди, с целью дальнейшего использования в исследовании теплового режима работы блока конвертеров, разрабатываемого в ОАО «НИИПП».

Всю печатную плату можно представить в форме стека (слоев) диэлектриков, разделенных между собой слоями меди (рис. 1), на поверхности которой сформирован электропроводящий слой цепи электронной схемы и нанесена зелёная паяльная маска.

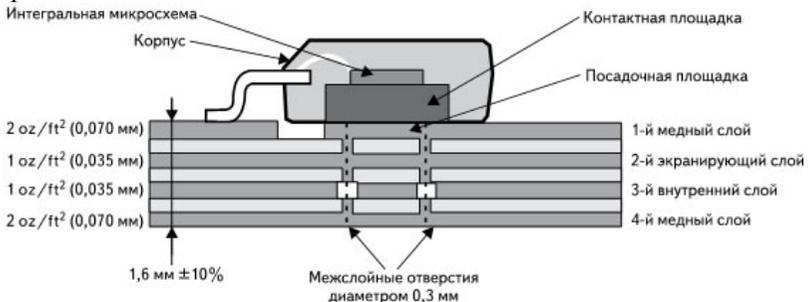


Рис. 1. Печатная плата в разрезе

**Модель печатной платы в программе SolidWorks.** Для начала задаются геометрические размеры стека и формируются необходимые его физические параметры. Создание производится в режиме трехмерного проектирования.

В качестве диэлектрических слоев использовались материалы: FR-4 и Rogers RO4350B, а междуслойным, а так же поверхностным и заземляющим проводящим материалом использовалась медь. Наглядный разрез с указанием толщины материалов указан на рис. 2.



Рис. 2. Слои печатной платы в трехмерной модели

Параметры модели:

- Толщина меди (между слоями, верхний слой, нижний ёслой): 0,1 мм.

- Габаритные размеры всей модели: (Д×Ш×В) 10×10×2,06 мм.

- Величины теплопроводности для материалов:

  - FR4 – 0,3 Вт/м·К;

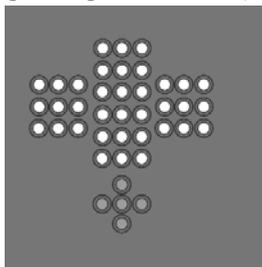
  - RO4350B – 0,69 Вт/м·К.

- Величины теплоемкости дял материалов:

  - FR4 – 1369 Дж/кг·К;

  - RO4350B – 0 Дж/кг·К.

В качестве нагревателя выступает упрощенной формой (простой геометрический параллелепипед, лишенный различных выводов и иных конструктивно-геометрических форм) по габаритным параметрам радиокомпонент из сплава алюминия 6061 с размерами 1×1×0,1 мм, который установлен на поверхностном слое и показан на рис. 2 (серый параллелепипед).



В печатной плате для получения лучших параметров охлаждения проделан ряд отверстий диаметром 0,3 мм. Размещение отверстий показано на рис. 3, 4.

Рис. 3. Расположение отверстий на нижней стороне печатной платы

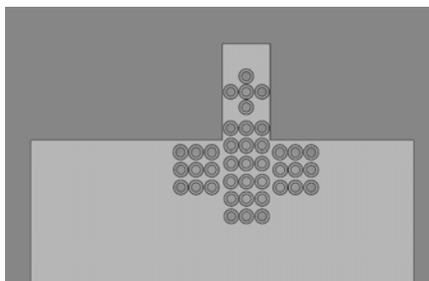


Рис. 4. Расположение отверстий на верхней стороне печатной платы

Для более наглядного распределения градиента температуры, верхний слой представляет собой параллелограмм с вырезом «ступенькой», который показан на рис. 3

Сборка представлена на рис. 5.

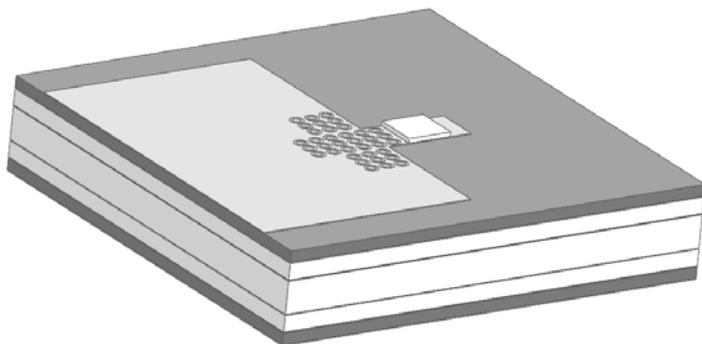


Рис. 5. Сборка

**Режим симулирования термического анализа.** При проведении термического анализа, необходимо задать правильно граничные условия, которые устанавливаются из условий конкретной задачи. В данной модели режим считается стационарным с термодинамическим равновесием, т.к. сама печатная плата работает в режиме термодинамического равновесия с компонентами, установленными на ней.

Для проведения качественного термического анализа блоков конвертеров применяется температурная нагрузка на всю печатную плату (+50 °С), которая соответствует температуре окружающей среды.

По заданному режиму работы радиокомпонента – току и напряжению на элементе ( $5 \text{ В} \times 80 \text{ мА} = 0,4 \text{ Вт}$ ) – устанавливается мощность нагревателя. Для учета дополнительной тепло потери, задается тепловое сопротивление материала алюминий-медь, значение которо-

го распределено вдоль площади соприкосновения нагревателя и верхнего медного слоя и равно:  $0,00034 \text{ К}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$  (взято из руководства пользователя программой SolidWorks). Заданные нагрузки представлены на рис. 5, 6.

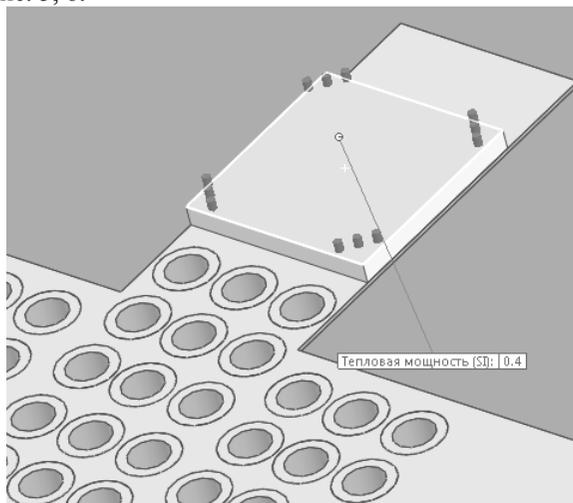


Рис. 5. Тепловая нагрузка мощности нагревательного элемента

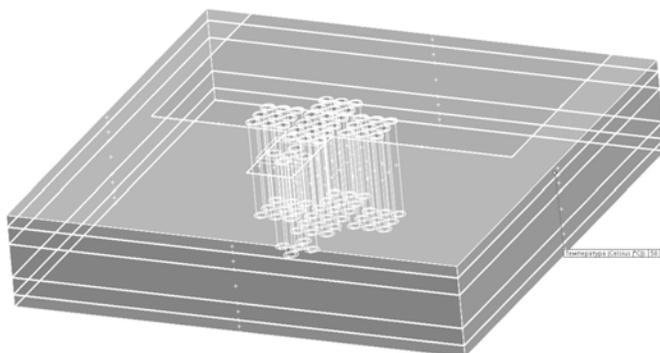


Рис. 6. Нагрузка температурой для всей печатной платы (за исключением нагревателя)

Результатом термического анализа является распределение градиента температуры по всей видимой модели печатной платы. Схематично представлен сам градиент: в виде температурного перехода от холодной компоненты (голубой цвет) к горячей (красный цвет). По видимому результату были выделены части с максимально нагружен-

ным участком модели и произведен их анализ. Общий вид распределения температуры модели платы представлен на рис. 7. Часть платы, где распределение температуры имеет максимальное значение представлено на рис. 8.

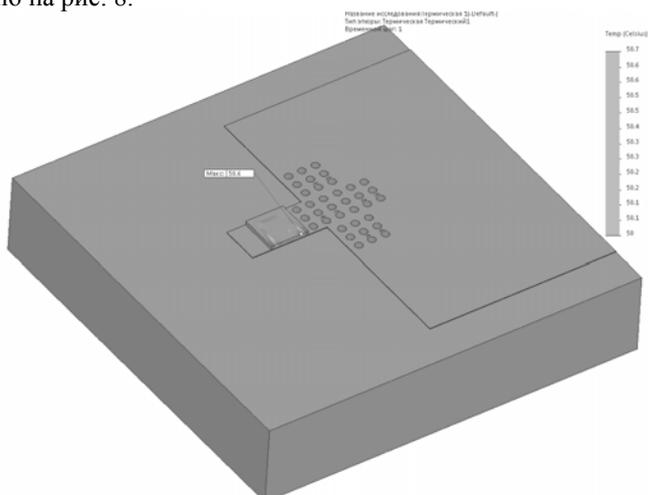


Рис. 7. Распределение градиента температуры по всей печатной плате

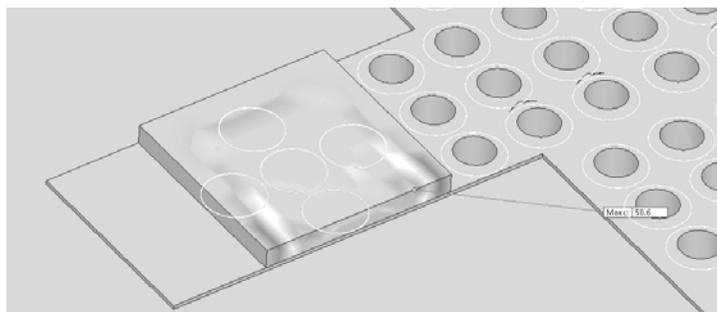


Рис. 8. Распределение градиента температуры по всей печатной плате

**Результаты анализа и экономическая сторона вопроса.** В ходе работы по исследованию максимальной температуры в среде SolidWork Simulation было получено распределение температуры по всей модели печатной платы, при этом наибольшее значение равно 50,6 °С, которое находится на самом нагревательном элементе. На основании проведенного анализа, был сделан вывод о том, что вся модель работает в термодинамическом равновесии с максимальной выделяемой температурой 50,6 °С. В ходе дальнейших исследований

блоков конвертера, будет использоваться отмеченная «идеализированно-схематичная» модель печатной платы.

Предпринимаемые меры могут существенно снизить затраты на производство любой платы радиоаппаратуры, ведь принятие мер на ранних этапах производства помогает сэкономить время, бюджет, распределение трудового ресурса, однако к данным мерам нужно подходить рационально в виду возможном увеличении бюджета проекта на реализацию дополнительного комплекса мер. Так, например, при изготовлении печатной платы с использованием минимального отверстия менее 0,3 мм увеличивают стоимость в 1,5 раза, а отверстия таких размеров зачастую необходимы из-за тенденции уменьшения габаритных размеров радиокомпонентов и увеличении плотности компоновки на печатной плате.

#### ЛИТЕРАТУРА

4. Захаржевский С.Б., Курносенко А.Е. Расчет изделий электроники на механические и тепловые воздействия в САПР Creo: учеб. пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2013. 56 с.

5. Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2004. – 448 с.

3. Сухов С.А. Основы моделирования в Solid Works: метод. указания. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 48 с.

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО БУФЕРНОГО УСИЛИТЕЛЯ ДИАПАЗОНА 8–12 ГГц НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ 90 нм Si-CMOS-ТЕХНОЛОГИИ

*А.С. Коряковцев, А.В. Помазанов, м.н.с. ЛИКС;*

*А.А. Кокотов, с.н.с. ЛИКС, доцент, к.т.н., каф. КСУП*

*Научный руководитель Л.И. Бабак, д.т.н., зам. директора*

*НОЦ «Нанотехнологии» ТУСУРа, проф. каф. КСУП*

*г. Томск, ТУСУР, leonid.babak@mail.ru*

В настоящее время наблюдается бурный рост в области создания и применения СВЧ-радиоэлектронных и телекоммуникационных систем для различных сфер промышленности, транспорта, общественного потребления, систем перспективных вооружений и др. Традиционно СВЧ-радиоэлектронные системы применяются в системах мобильной и спутниковой связи, радиолокации, навигации, системах глобального позиционирования. МИС чаще всего используются в СВЧ-диапазоне в приложениях, где необходимы небольшие размеры и высокая надежность. Примерами систем на базе МИС могут служить

приемники и передатчики систем связи, фазированные антенные решетки (ФАР), датчики, работающие на сверхвысоких частотах.

В последнее время кремниевые КМОП- и БиКМОП-технологии позволяют получить сравнимые с GaAs МИС-характеристики. Вместе с тем, кремниевые МИС имеют целый ряд преимуществ – они более дешевые, могут интегрироваться на одном кристалле с цифровыми схемами и обеспечивают меньшие габариты устройств, низкое энергопотребление, достаточно качественные модели в процессе эксплуатации. Наиболее распространенными КМОП-технологиями, являются:

а) технология КМОП на объемном Si (Микрон, Синтез Микроэлектроника, STMicroelectronics, Ангстрем и т.д.);

б) технология КМОП на основе материала SiGe (Микрон, Atmel Corporation, LETI, INP, IMEC и т.д.);

в) технология КМОП на SOI (кремний на изоляторе) (IBM (Global Foundries), Tower Jazz, STMicroelectronics, Freescale, Peregrine, Микрон, НИИ СИ, Ангстрем и т.д.)

В статье представлена разработка двух вариантов буферного усилителя (БУ) диапазона 8–12 ГГц для системы АФАР на основе отечественной 90 нм Si КМОП-технологии. Буферный усилитель должен обладать следующими параметрами (табл 1):

Таблица 1

**Параметры усилителя**

Коэффициент усиления, дБ	$K_v$	> 10
Коэффициент шума, дБ	$K_{ш}$	< 6
Неравномерность коэффициента усиления, дБ	$dK_v$	≤ 2
Выходная мощность, дБм	$P_1$	> 10
Коэффициенты отражения, дБ	$S_{11}, S_{22}$	< -10

На начальном этапе проектирования был выбран N-канальный полевой транзистор со стандартным пороговым напряжением из PDK, предоставленной компанией «Микрон». Ширина и количество пальцев транзистора определялась в соответствии с необходимостью получить достаточную мощность и приемлемые параметры удовлетворяющие техническое задание. Оценка доступной мощности производилась по вольтамперным характеристикам транзистора.

Было принято решение выполнить БУ по каскадной схеме, так как, в случае каскадного соединения, не удалось получить требуемую выходную мощность.

На рис. 1 представлены два варианта реализации БУ.

Первый вариант наиболее удобен и прост, так как входная и выходная согласующие цепи достаточно простые. Цепь обратной связи охватывает каскод и используется для коррекции АЧХ и стабилизации усилительной ячейки.

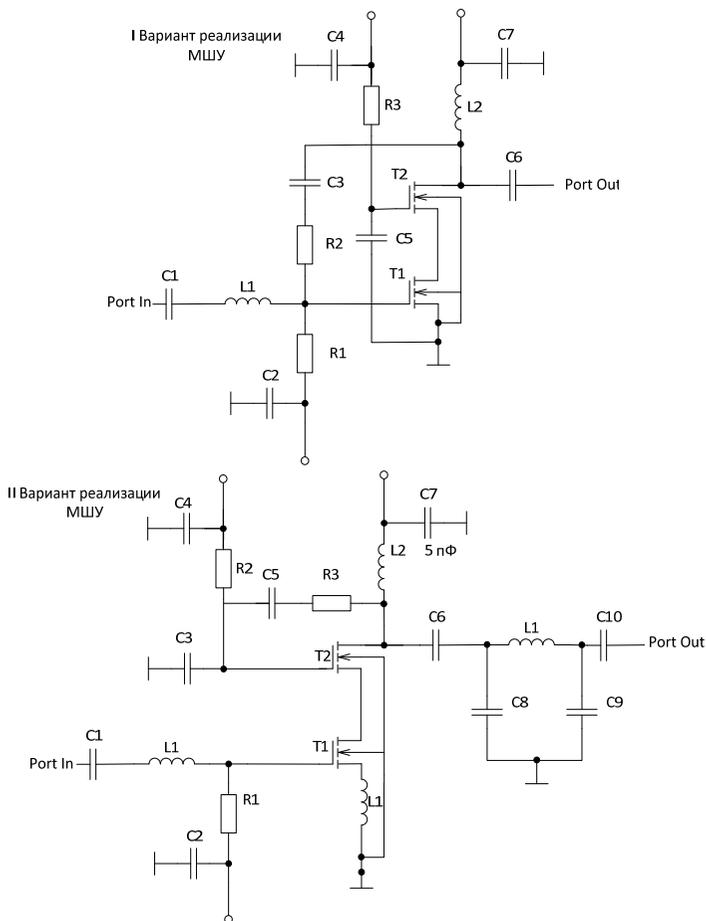


Рис. 1. Электрические схемы БУ

Для оценки возможностей построения усилительных узлов на основе отечественной технологии был выполнен второй вариант БУ. БУ содержит цепь обратной связи, которая охватывает верхний усилительный транзистор, также была рассчитана выходная согласующая цепь, которая выполняет роль дополнительной коррекции АЧХ в полосе. Завершающим этапом проектирование было электромагнитное моделирование.

На рис. 2 и 3 представлены характеристики двух вариантов усилителей: S-параметры, коэффициенты устойчивости и шума, а также мощность на выходе в точке сжатия на 1 дБ.

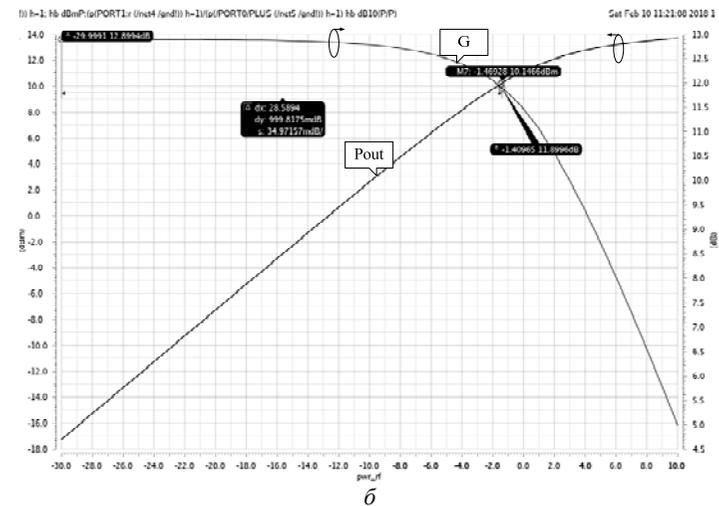
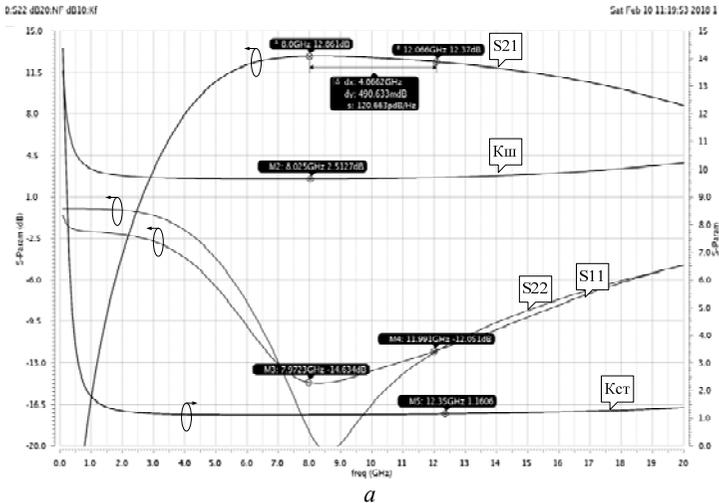


Рис. 2. Характеристики БУ (I вариант):  
 $a$  – S-параметры;  $b$  – выходная мощность

В табл. 2 представлены сводные характеристики для двух различных вариантов исполнения БУ. Преимущества первой реализации – хорошая неравномерность АЧХ в полосе и коэффициент шума 2,5 дБ, довольно широкая полоса, у второй же внушительный запас по устойчивости и мощности, узкая полоса, что позволяет не использовать дополнительную сложную фильтрующую систему после усилителя.

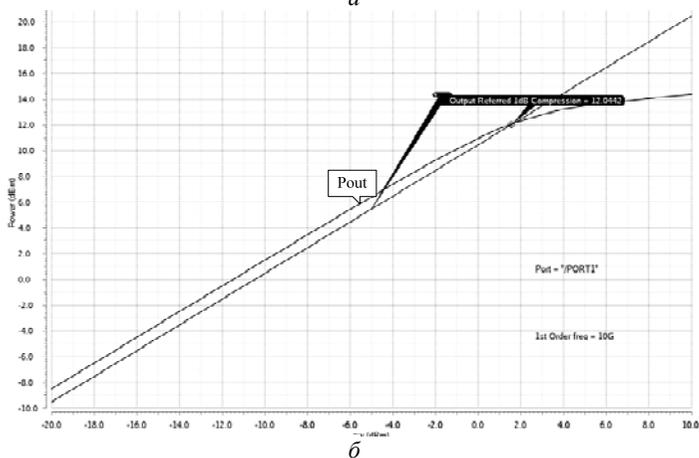
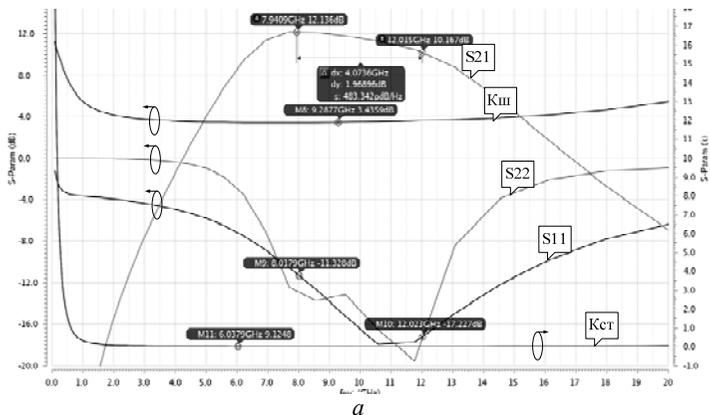


Рис. 3. Характеристики БУ (II вариант):  
*a* – S-параметры; *б* – выходная мощность

Таблица 2

**Параметры усилителей**

Вариант		I	II
Коэффициент усиления, дБ	$K_y$	12,8–12,3	12,1–10,1
Коэффициенты отражения, дБ	$S_{11}, S_2$	$< -10$	$< -10$
Коэффициент шума, дБ	$K_{ш}$	2,5	3,5
Неравномерность коэффициента усиления, дБ	$dK_y$	0,5	2
Выходная мощность, дБм	$P_1$	10,2	12,2
Питание, В	VDS	2	2,4
Потребляемый ток, мА	$I_{п}$	37	37
Устойчивость	$K_{ст}$	1,13	7,3

На рис. 4 представлены топологии БУ, спроектированные в среде Cadence. Размеры разработанных кристаллов  $800 \times 700$  мкм (первый вариант) и  $920 \times 780$  мкм (второй вариант).

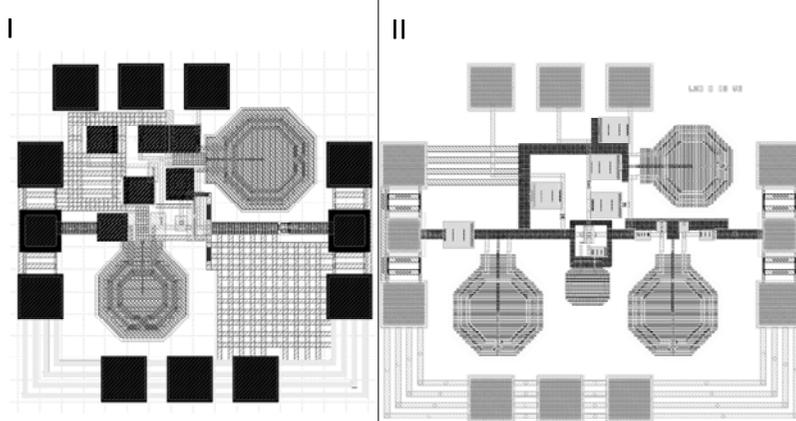


Рис. 4. Топологи БУ на основе отечественной 90 нм Si-CMOS-технологии

Современные технологические процессы начинают с большей силой проникать во все структуры производства. Технология 90 нм компании «Микрон» не исключение. Это относительно новая технология позволит в дальнейшем проектировать и производить МИС радиотехнических узлов и радиотехнику в целом на отечественных предприятиях

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Веселов Г.И. Микроэлектронные устройства СВЧ: учеб. пособие / Г.И. Веселов, Е.Н. Егорова, Ю.Н. Алехин и др.; под ред. Г.И. Веселова. – М.: Высш. школа, 1988. – 280 с.
2. Матей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. – Ч. 1 / Пер. с англ.; под ред. Л.В. Алексеева, Ф.В. Кушнера. – М.: Связь, 1971. – 439 с.
3. Wang et al. A Low-Power and Low-Noise X-Band Receiver MMIC in 90nm CMOS / Proceedings of the 45th European Microwave Conference.
4. Gharibdoust et al. A Fully Integrated 0.18- $\mu$ m CMOS Transceiver Chip for - Band Phased-Array Systems / IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES. – July 2012. – Vol. 60, No. 7.
5. Tong Q.-Y., Gosele U. Semiconductor wafer bonding: science and technology. – N.-Y.: John Wiley and Sons, Inc., 1999. – 297 p.

## РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ: «СТЕНД АНАЛОГОВЫХ УСТРОЙСТВ»

*А.В. Кулаков, А.В. Максимов, каф РЗИ  
г. Томск, ТУСУР, lexis.zaoproxy@yandex.ru*

Актуальность работы обуславливается тем, что имеющиеся учебные стенды устарели морально и физически.

Стенд аналоговых устройств (САУ), представляет собой информационно-измерительную систему (ИИС) состоящую из генератора, осциллографа, специализированного модуля, содержащего микроконтроллер, переключаемые аналоговые устройства на операционных усилителях (ОУ) и управляющий компьютер.

Модуль содержит аналоговые устройства, с прямым и инверсным включением ОУ, сумматор, фильтры высоких и низких частот, первого и второго порядка, компаратор и полосовой фильтр на основе схемы Вина.

Согласно ГОСТ 18421–73 операционный усилитель – это высококачественный усилитель постоянного тока, предназначенный для выполнения различных операций над аналоговыми величинами при работе в схеме с отрицательной обратной связью. При этом под аналоговой величиной подразумевается непрерывно изменяющееся напряжение или ток [1]. В настоящей работе использованы операционные усилители для рабочего диапазон частот до 13 МГц. Сигнал на входе ослабляется на 20 дБ во избежание непредвиденных перегрузок вследствие неосторожности в работе со стендом студентами. Стенд работает от источника питания 12В. Внутри стенда реализована схема источника питания для преобразования напряжений для всех используемых в нем устройств. Номиналы элементов схемы соответствуют промышленным стандартам и допустимым нормам для исследовательских целей. В устройстве коммутации используются электронные ключи, позволяющие изменять параметры устройств и исследовать изменения передаточной и частотной характеристик.

Помимо переключаемых схем аналоговых устройств, реализовано их подключение к входному и выходному разъемам, через демultipлексор 4×16. Подобная схема управления обеспечивает простоту подключения, независимость работы соответствующей схемы, относительно небольшую длину соединительных проводников и малое количество коммутирующих элементов.

Модуль аналоговых устройств управляется компьютером через COM порт, командами языка SCPI, под управлением программы, реализованной в графической среде LabView (National Instruments) [2].

Приемником и интерпретатором команд служит микроконтроллер серии ATMEGA16.

В момент включения у всех функциональных схем ключи находятся в разомкнутом состоянии, поэтому при неосторожном включении модуля сигнал не попадёт в ни в одну функциональную схему и не приведёт к неисправности модуль аналоговых устройств (МАУ). На рис. 1 и 2 представлены структурные схемы САУ и МАУ.

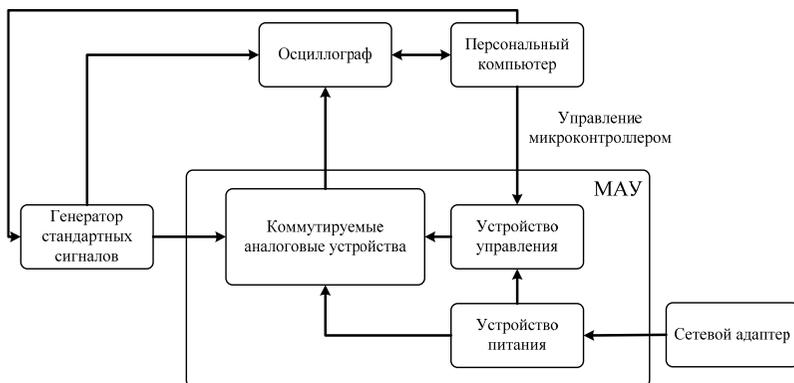


Рис. 1. Структурная схема САУ

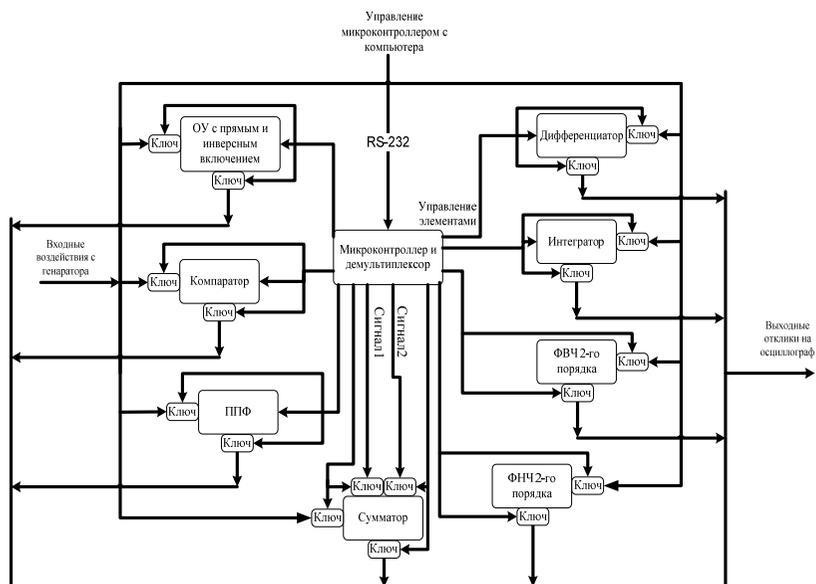


Рис. 2. Структурная схема МАУ

Программная часть стенда реализована в графической среде LabView. На рис. 3 представлена панель управления модулем аналоговых устройств.

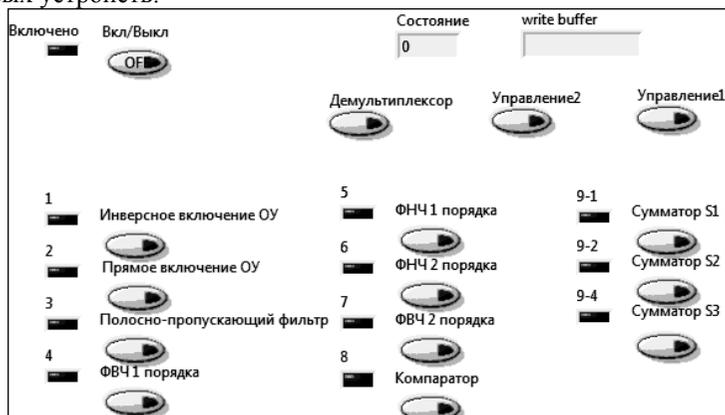


Рис. 3. Панель управления МАУ

В программе реализовано управление включением отдельных аналоговых устройств с помощью виртуальной панели управления. Блоки VISA интерпретируют нажатие кнопок в команды языка SCPI, которые далее поступают на управляемый модуль через COM-порт.

В основном диалоговом окне с настройками нужно выбрать используемый COM-порт для управления МАУ, и нажать на кнопку, соответствующую исследуемому устройству.

После выбора устройства и настройки начальной и конечной частоты, в отдельной вкладке можно начать проводить измерения амплитудно-частотной, фазово-частотной характеристик или спектра сигнала.

Так как модуль может работать только с одним активным устройством, алгоритм программы подразумевает использование только одного активного устройства и устроен таким образом, чтобы при случайном нажатии на несколько виртуальных кнопок, соответствующих разным устройствам, активным было устройство с наименьшим порядковым номером. Все виртуальные кнопки имеют рядом расположенные индикаторы, определяющие какое именно из устройств активно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Важенин В.Г., Марков Ю.В., Лесная Л.Л. Аналоговые устройства на операционных усилителях: учеб. пособие. Под общ. ред. В.Г. Важенина. – Екатеринбург. Изд-во Урал. ун-та, 2014.

2. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. 4-е изд. – М., ДМК. – 2011. С. 529–520.

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СИСТЕМЫ МІМО РАДАРА

*С.У. Махмадёрв, магистрант*

*Научный руководитель А.А. Трубачев, доцент каф. СВЧиКР  
г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧиКР mahmaderoff@icloud.com*

В последнее время наблюдается повышенный интерес к использованию технологии Multiple Input Multiple Output (MIMO) в разработке радаров различного назначения. Радары, использующие традиционную технологию MIMO, имеют несколько передающих антенн, параллельно излучающих ортогональные зондирующие сигналы. Отраженные от элементов радиолокационной цели зондирующие сигналы параллельно поступают на входы приемных антенн, формируя набор импульсных характеристик трасс распространения, называемый матрицей каналов MIMO. К основным достоинствам MIMO-радаров относят повышение вероятности обнаружения, улучшение пространственной разрешающей способности, широкий сектор обзора [1].

Как видно из рис. 1 в системе MIMO каждая передающая антенна излучает сигналы произвольной формы независимо от других передающих антенн. В свою очередь каждая приёмная антенна может принимать все сигналы разных форм, создавая тем самым виртуальный массив MIMO.

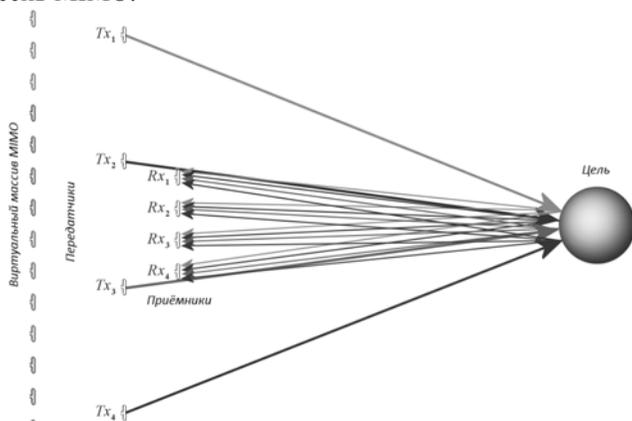


Рис. 1. Принцип радиолокационной системы MIMO

Для реализации радара планируется использовать частоты, относящиеся к нелицензируемому диапазону частот (ISM – Industrial, Scientific, Medical). ISM является той частью радиочастотного спектра общего назначения, которая может быть использована без лицензирования. Единственное требование для разрабатываемых продуктов в

ISM-диапазоне – это соответствие нормам, которые устанавливаются регулируемыми органами для данной части частотного спектра [2].

Устройство малого радиуса действия (УМРД) – это техническое средство, предназначенное для передачи и (или) приёма радиоволн на короткие расстояния, которое не относится ни к одной из радио служб и используется при условии, что не создаются помехи другим станциям и не требуется защита от помех других станций. Среди УМРД выделяются неспециализированные.

Таблица 1

**Характеристики выбранного диапазона радиочастот**

Полосы радиочастот	Технические характеристики	Назначение
5725–5875 МГц	25 мВт (EN 300 440). Рабочий цикл 0,1%	<b>Неспециализированные устройства</b> – устройства малого радиуса общего применения, включая устройства дистанционного управления и передачи телеметрии, телеуправления, сигнализации, передачи данных и других подобных передач. Высота подвеса антенн не более 5 м

В качестве прототипа для проверки принципа работы и реализации макета ММО-радары был выбран SDR-модуль USRP-2901, представляющий собой программируемый двухканальный приёмопередающий модуль. Программно-определяемыми радиосистемами (SDR – Software Defined Radio) называют радиоприёмные и передающие устройства с технологией, позволяющей с помощью программного обеспечения измерять или устанавливать радиочастотные параметры, например, рабочую частоту, полосу сигнала, тип модуляции, параметры фильтрации. Системы на основе SDR поддерживают множество протоколов, могут быстро производить перестройку рабочих частот, менять тип модуляции, адаптивно подстраивать параметры работы приёмопередатчиков, программно корректировать качество сигнала [3].

В табл. 2 представлены основные характеристики приёмо-передающего модуля.

Таблица 2

**Характеристики SDR модуля USRP-2901**

Частотный диапазон	Полоса пропускания	Количество выходов / входов	Максимальная выходная мощность передатчика	Коэффициент шума приёмника
70 МГц – 6 ГГц	56 МГц	2/2	20 дБм	5–7 дБ

На рис. 2, а показана структурная схема разрабатываемого прототипа ММО радара состоящего из 4 передающих и 4 приёмных антенн. На рис. 2, б показана структурная схема расположения элементов антенной решётки. Элементы расположены таким образом, чтобы создать виртуальный массив приёмных каналов размером 4×4 для анализа азимута и угла места пеленгуемого объекта.

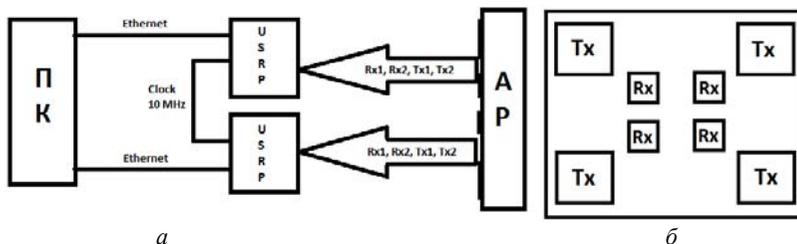


Рис. 2. Антенная решетка ММО-радара – а;  
структурная схема подключения ММО-радара – б  
(АР – антенная решетка; ПК – персональный компьютер;  
Rx1, Rx2 – приёмные каналы; Tx1, Tx2 – передающие каналы)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лобач В.Т., Касьянов А.О., Потипак М.В., Алехин В., Суматохин К.В. Последовательный способ формирования каналов mimo при измерении параметров радиолокационных объектов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015, № 11 (172). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/posledovatelnyy-sposob-formirovaniya-kanalov-mimo-pri-izmerenii-parametrov-radiolokatsionnyh-obektov> (дата обращения: 04.03.2018), свободный.
2. ISM-частоты. Безлицензионные частотные диапазоны [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://mobilradio.ru/information/vocabulary/ism.htm>, свободный.
3. USRP – новое поколение SDR-трансиверов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sotemgroup.ru/solutions/usrp-novoye-pokoleniye-sdr-transivero>, свободный.

#### ДЕЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ

**А.Ю. Любимов, Д.И. Петров, студенты каф. СВЧиКР**

*Научный руководитель А.А. Трубачев, доцент каф. СВЧиКР  
г. Томск, ТУСУР, trubachevaa@gmail.com, dimapetrovna@gmail.com  
Проект ГПО СВЧиКР-1508 «Микроволновые приемо-передающие устройства»*

**Цель работы:** спроектировать синфазный делитель мощности с неравным коэффициентом деления 1/2, работающим на частоте 5,5 ГГц.

**Делитель мощности (ДМ)** – многополюсник СВЧ для разделения сигнала, проходящего по линии передачи, на несколько одинаковых (синфазный делитель) или со сдвигом фазы сигнала на  $90^\circ$  (квадратурные делители). Основной задачей, которую должен выполнять делитель в высокочастотной цепи является согласование волновых сопротивлений.

На рис. 1 представлена топология делителя (сумматора), состоящего из элементов с распределенными параметрами и выполненного на основе микро-полосковой линии. На более высоких частотах применяют резисторы с распределенными параметрами, изготовленными по тонко- либо толсто пленочной технологии. При реализации делителя, необходимо обратить внимание на следующие его особенности. Во-первых, волновое сопротивление  $Z_B^2$  получилось довольно высоким, что вызовет определенные трудности при его реализации из-за весьма малой ширины полоски. Поэтому на практике для рассматриваемых делителей величина, равная 5–6 дБ рассматривается как предельная, при которой делитель еще сравнительно просто реализуется. Во-вторых, волновое сопротивление всех отрезков в делителе различные и, как следствие, оказываются различными физические длины этих отрезков, кроме случая, когда используется линия с ТЕМ-волной [1].

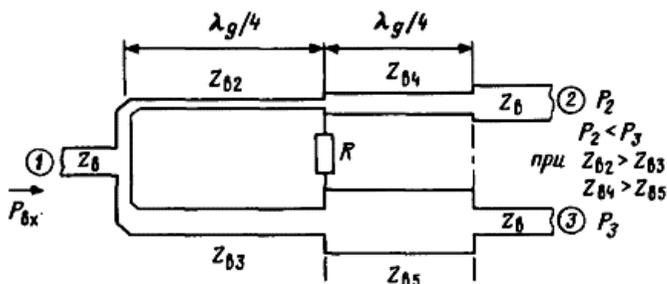


Рис. 1. Полосковый делитель при неравном делении мощности

При помощи средств автоматизированного проектирования (САПР) ADS была смоделирована работа схемы делителя мощности с неравным коэффициентом деления, вычислив перед этим, следующие параметры: ширину и длину линий и сопротивление балансирующего резистора равное 120 Ом. На рис. 2 приведены расчетные характеристики, а именно:  $|S_{11}|$  – модуль коэффициента отражения (КО) первого порта,  $|S_{21}|$  – модуль коэффициента передачи (КП) из первого порта во второй,  $|S_{31}|$  – модуль КП из первого порта в третий,  $|S_{32}|$  – модуль КП из второго порта в третий.

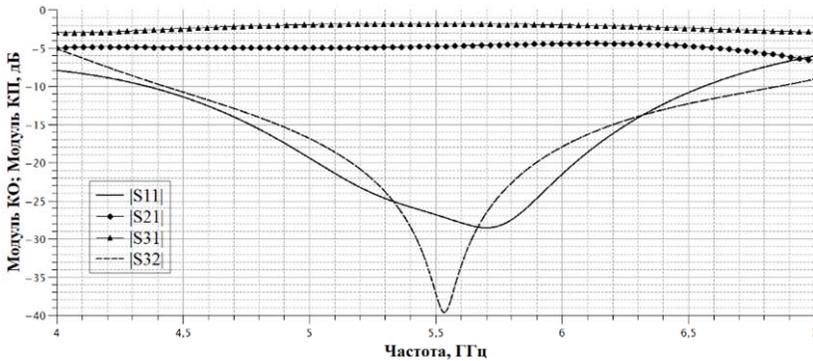


Рис. 2. Расчётные характеристики синфазного делителя мощности с неравным коэффициентом деления (1/2) полученные в САПР

Проанализировав характеристики, показанные на рис. 2, мы видим, что ДМ на частоте 5,5 ГГц имеет максимальную развязку и минимальный КО, следовательно, все параметры рассчитаны верно и соответствуют поставленной цели. Для реализации макета был выбран резистор типоразмером 0603 и сопротивлением 120 Ом, так как он наиболее эффективно подходит для работы данного делителя.

Характеристики изготовленного макета ДМ были измерены при помощи скалярного анализатора цепей Р2М-18. Ниже приведены графики характеристик устройства.

На рис. 3 приведены экспериментальные характеристики синфазного делителя мощности с неравным коэффициентом деления 1/2.

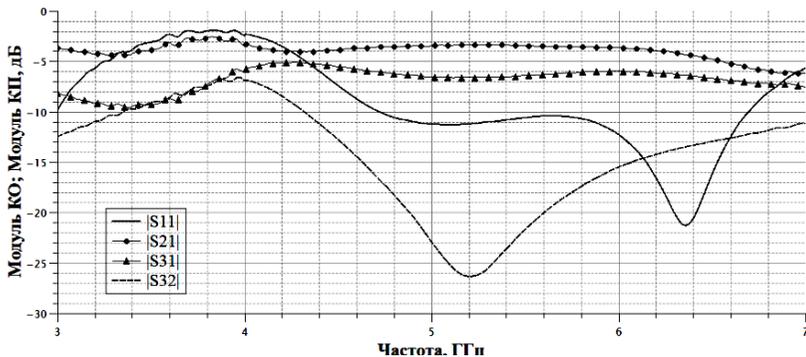


Рис. 3. Экспериментальные характеристики делителя мощности

На рис. 3 мы видим, что наилучшая развязка и согласование осуществляется на частоте 5,2 ГГц. Расхождение теоретических данных с экспериментальными составило примерно 5–6%, что связано с раз-

личными факторами, такими как неточное соответствие значения диэлектрической проницаемости материала подложки.

По изученным данным была разработана, рассчитана и смоделирована при помощи САПР ADS-схема делителя мощности, построенная на основе микроволновых линий передачи. Изготовленный делитель мощности будет использоваться в разрабатываемом макете ММО-радар, работающем в не лицензируемом ISM-диапазоне в качестве делителей каналов с необходимой разницей фаз на элементах антенной решетки. Полученные характеристики удовлетворяют техническим требованиям системы к развязке между каналами в рабочем диапазоне частот.

### ЛИТЕРАТУРА

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

## КОРРЕКЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ СИГНАЛА

*Е.С. Суржиков, магистрант*

*Научный руководитель А.Ю. Абраменко, доцент каф. ТОР, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, radist1431@mail.ru*

Обеспечение высокой энергетической эффективности и высокой линейности характеристик является крайне важным требованием к усилителям мощности (УМ). Проблема заключается в том, что высокая энергоэффективность УМ достигается лишь в нелинейных режимах его работы, что приводит к высоким уровням нелинейных искажений (НИ) передаваемого сигнала.

Цель статьи – краткий обзор и выбор метода компенсации НИ сложных (модулированных) сигналов.

Метод предискажений (рис. 1) состоит в добавлении блока – корректора, вносящего искажения в сигнал до того, как он поступит на вход усилителя.

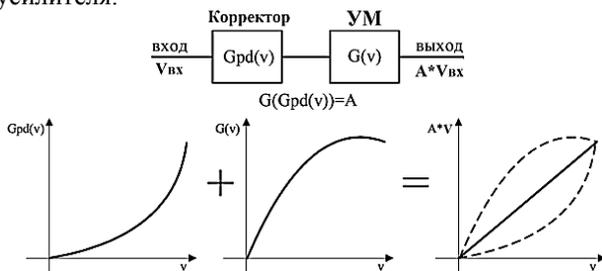


Рис. 1. Метод предискажений [1]

Методы предсказаний можно разделить на аналоговые (методы обратной и прямой связи) и цифровые (предварительная коррекция).

При использовании обратной связи (рис. 2) сигнал с выхода передатчика передается как в линию передачи, так и в цепь обратной связи, с помощью которой происходит корректировка сигнала в передающем тракте. Метод обратной связи позволяет линеаризовать передатчик с цифровой модуляцией.

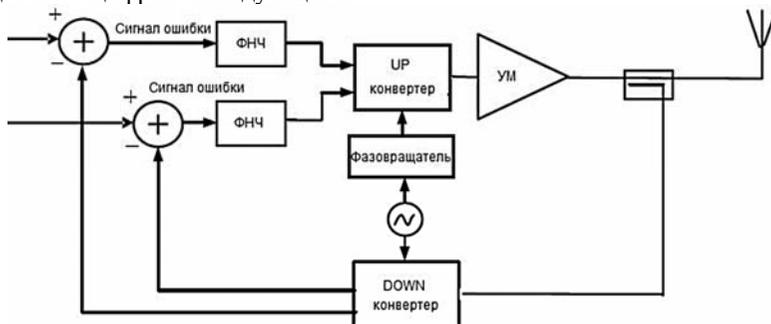


Рис. 2. Метод обратной связи [2]

При использовании прямой связи (рис. 3) сигнал, поступающий на вход передающего тракта, подается одновременно и на УМ, и на линию задержки (ЛЗ) 1, равную времени прохождения сигнала через усилитель. Затем сигналы на выходах УМ и ЛЗ 1 сравниваются, после чего схема сравнения формирует «сигнал ошибки», линейно усиливаемый усилителем сигнала ошибки (УО). Сигнал с выхода УО используется в качестве корректирующего. При этом необходима ЛЗ 2, равную времени прохождения сигнала через УО.

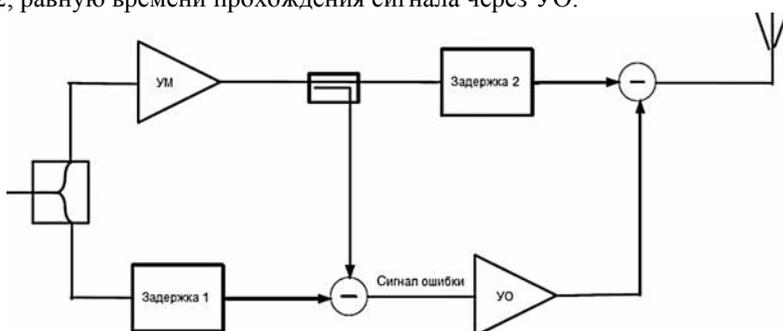


Рис. 3. Метод прямой связи [2]

Основными узлами системы с цифровыми предсказаниями (рис. 4) являются блок цифрового корректора и блок адаптации.

Блок цифрового корректора реализует амплитудно-амплитудные ААХ и амплитудно-фазовые ФАХ характеристики обратные к соответствующим характеристикам усилителя, а блок адаптации подстраивает эти характеристики под меняющиеся условия работы усилителя мощности (температура, старение активных элементов и пр.).



Рис. 4. Система с цифровыми предсказаниями [3]

Цифровые корректоры (ЦК) можно разделить на два типа: корректоры на основе таблиц истинности (ТИ) и корректоры на основе полиномиальной аппроксимации (ПА).

При использовании корректора на основе ПА, корректор в течение некоторого времени накапливает отсчеты сигнала на входе и выходе УМ, полученные данные сохраняются в оперативной памяти. В памяти хранится табличная функция, представляющая динамическую характеристику УМ. Чтобы получить характеристику обратную сохраненной характеристике УМ, следует провести аппроксимацию характеристики ЦК, считая входными отсчетами для ЦК выходные с УМ, а выходными – отсчеты сигнала на входе УМ. При использовании приближенного полинома 4–5 степени, достигается высокое качество коррекции.

Одним из вариантов [4] реализации ЦК на основе ТИ является формирование ТИ, в которой хранятся значения комплексных коэффициентов передачи корректора для каждого диапазона значений амплитуды входного сигнала. Значения коэффициентов передачи формируются в процессе «обучения» ТИ, начинающегося с момента загрузки конфигурации ПЛИС. Во время «обучения» производится сравнение отсчетов входного и выходного сигнала. На основании «ошибки» (разницы между входным и выходным сигналами) коэффициент передачи корректируется в ту или иную сторону.

Процесс «обучения» схемы ЦК является итерационным и продолжается в процессе эксплуатации системы. При этом система непрерывно реагирует на изменение характеристик усилителя мощности, обеспечивая адаптивную коррекцию. Не требуется вычисления

тригонометрических функций, а также реализации операций деления с высокой точностью. Данный подход, является наиболее эффективным с точки зрения аппаратной реализации.

Данный метод позволяет уменьшить уровень НИ на 10–17 дБ [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Raab F.H. Power amplifiers and transmitters for RF and microwave // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2002. – Vol. 50, No. 3. – P. 814–826.
2. Балашев Е.В. Методы линеаризации усилителей мощности передатчиков систем мобильной связи – краткий обзор / Е.В. Балашев, А.С. Коротков, И.А. Румянцев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер.: Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2011. – № 2(120). – С. 25–30.
3. Аверина Л.И. Адаптивный цифровой метод уменьшения внеполосного излучения усилителей мощности / Л.И. Аверина, А.М. Бобрешов, В.Д. Шуртов // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж, 2013. – №1. – С. 82–88.
4. Chung S.W. Energy-Efficient Digital Predistortion With Lookup Table Training Using Analog Cartesian Feedback / S.W. Chung, J.W. Holloway, J.L. Dawson // IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques. – Oct. 2008. – Vol. 56, № 10. – P. 2248–2258.

### КОЛЬЦЕВОЙ ДЕЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ

*В.Д. Турнаев, И.В. Лукиных, студенты*

*Научный руководитель А.А. Трубачев, доцент каф. СВЧиКР*

*г. Томск, ТУСУР, trubachevaa@gmail.com,*

*turnaevvitya@gmail.com, igorlukinych@gmail.com*

*Проект ГПО СВЧиКР-1508 «Микроволновые прямо-передающие устройства»*

**Цель работы:** спроектировать противофазный делитель мощности с равным коэффициентом деления, работающий на частоте 5,5 ГГц.

**Делитель мощности (ДМ)** – многополюсник СВЧ для разделения сигнала, проходящего по линии передачи (ЛП), на несколько одинаковых (синфазный делитель), со сдвигом фазы на 90° (квадратурные делители) или 180° (противофазные делители). При этом форма сигнала должна оставаться неизменной. Основной задачей, которую должен выполнять делитель в высокочастотной цепи является согласование волновых сопротивлений. Основными характеристиками являются коэффициент отражения по входу (КО), коэффициенты передачи (КП) и развязка между выходами делителя [1]. В качестве исследуемой модели был выбран синфазный делитель мощности с коэффициентом деления 1/1.

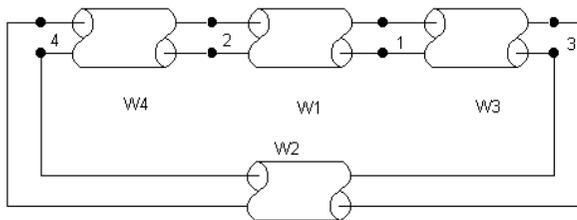


Рис. 1 Структура синфазного делителя мощности

Структура имеет только одну плоскость симметрии — вертикальную, проходящую через отрезки  $W1$  и  $W2$ .

Определим теперь волновые сопротивления отрезков ЛП. Для определения волновых сопротивлений отрезков  $W1$  и  $W3$  замкнем накоротко порт 4. Очевидно, что волновые сопротивления должны удовлетворять соотношению  $Z_{01} = \sqrt{2} \cdot Z_0$ , где  $Z_0$  — волновое сопротивление линии, питающей порт 1. Для определения волновых сопротивлений отрезков  $W2$  и  $W4$  закоротим порт 1, питая ДМ через порт 4. Полученная в результате структура отличается от предыдущей только тем, что длины отрезков разные. Однако отрезок длиной  $3 \cdot \lambda/4$  трансформирует сопротивление точно так же, как отрезок длиной  $\lambda/4$ , и поэтому волновые сопротивления отрезков будут такими же, как у  $W1$  и  $W3$  [2].

При помощи средств автоматизированного проектирования (САПР) ADS была смоделирована схема синфазного делителя мощности. Измерение КП амплитуд волн напряжения с  $m$ -й линии в  $k$ -ю при подключении согласованных нагрузок, равных  $R_0$  проходило на 5,5 ГГц в 1–4 портах. На рис. 2 приведены расчетные характеристики, а именно:  $|S_{11}|$  — модуль КО первого порта;  $|S_{21}|$  — модуль КП из первого порта в второй;  $|S_{31}|$  — модуль КП из первого порта в третий;  $|S_{41}|$  — модуль КП из первого порта в четвертый.

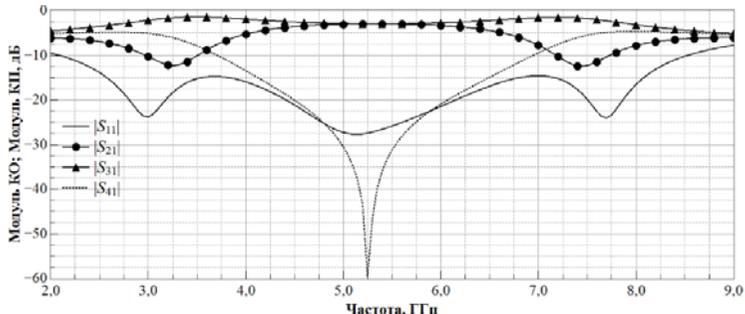


Рис. 2. Характеристики противозафазного делителя мощности в САПР ADS

Характеристики изготовленного макета ДМ были измерены при помощи скалярного анализатора цепей P2M-18. На рис. 3 приведены экспериментальные характеристики.

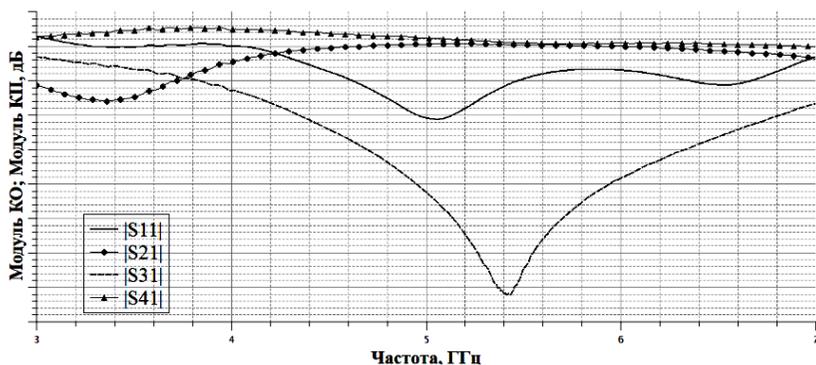


Рис. 3. Экспериментальные характеристики синфазного делителя мощности

Проанализировав характеристики, можно сделать вывод о том, что все параметры рассчитаны правильно, и схема сконструирована в соответствии с поставленной целью.

**Заключение.** В ходе работы были изучены теоретические сведения по схемам и характеристикам делителей мощности. По изученным данным были проведены необходимые расчеты, затем при помощи САПР Advanced Design System была построена схема необходимого делителя мощности в соответствии с расчетами и исследованы характеристики, указывающие на правильность проведенной работы. Изготовленный делитель мощности необходим для создания балансного смесителя в приемных каналах радарного модуля.

Полученные характеристики удовлетворяют техническим требованиям системы к развязке между каналами в рабочем диапазоне частот.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авксентьев А.А., Воробьев Н.Г., Морозов Г.А., Стахова Н.Е. Устройства СВЧ для радиоэлектронных систем: учебное пособие, 2004.
2. Проектирование полосковых устройств СВЧ: учебное пособие. Ульяновск, 2001.

## РАССМОТРЕНИЕ БАЗОВЫХ СИСТЕМ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ

*Р.В. Серенков, С.И. Разгуляев, А.И. Зайниев, студенты*

*Научный руководитель А.С. Задорин, д.ф.-м.н., зав. каф. РЗИ*

*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, Sergeant\_96@mail.ru king.2020@mail.ru*

*r.serenkov@mail.ru*

*«Проект ГПО РЗИ-1401 «Квантовая криптография»*

В квантовой криптографии выделились два базовых направления развития систем распределения ключей.

Основой первого направления является кодирование квантового состояния одиночной частицы и базируется на принципе отсутствия возможности различить абсолютно точно два не ортогональных квантовых состояния.

Его защищенность основывается на теореме о запрете клонирования неизвестного квантового состояния. Благодаря унитарности и линейности квантовой механики, невозможно без воздействия на исходное состояние создать абсолютно точную копию неопределенного квантового состояния.

Основой квантовой криптографии на одночастичных состояниях является протокол BB84.

Основой второго направления развития является эффект квантового перепутывания. Две квантово-механические системы могут находиться в состоянии корреляции, так что измерение выбранной величины, осуществляемое над одной из систем, определит результат измерения этой величины на другой. В определенном состоянии ни одна из запутанных систем не находится. Именно поэтому запутанное состояние не может быть записано как прямое произведение состояний систем.

Базовым протоколом квантового распределения ключей на основе эффекта квантового запутывания является протокол EPR (Einstein-Podolsky-Rosen), также его называют E91.

Базовые принципы этих двух направлений пали в основу разработок всех остальных протоколов квантового распределения ключей.

В данной статье рассмотрены два основных направления развития квантового распределения ключей, а также произведен сравнительный анализ таких протоколов квантового распределения ключей, как BB84, E91.

В протоколе BB84 используются 4 квантовых состояния фотонов, предположим, направление вектора поляризации, одно из которых Алина выбирает, полагаясь на передаваемый бит:  $90^\circ$  или  $135^\circ$  для «1»,

45 или  $0^\circ$  для «0». Одна пара квантовых состояний соответствует  $0(|0(+)\rangle)$  и  $1(|1(+)\rangle)$  и имеет базис «+». Другая пара квантовых состояний соответствует  $0(|0(\times)\rangle)$  и  $1(|1(\times)\rangle)$  и имеет базис « $\times$ ». Внутри этих базисов состояния ортогональны, но состояния из различных базисов являются попарно не ортогональными. Базисы повернуты относительно друг друга на  $45^\circ$ .

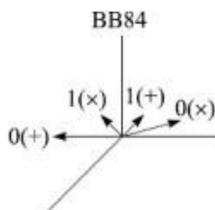


Рис. 1. Состояние поляризации фотонов

Этапы формирования ключей:

1. Алина случайным образом выбирает один из базисов. После внутри базиса случайно выбирает одно из состояний, имеющее 0 или 1 и отправляет фотоны (рис. 2).

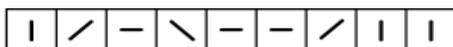


Рис. 2. Фотоны с различной поляризацией

Борис абсолютно случайно и полностью независимо от Алины выбирает для каждого из поступающих фотонов: прямолинейный (+) или диагональный ( $\times$ ) базис (рис. 3).

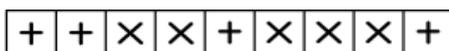


Рис. 3. Выбранный тип измерений

После чего Борис сохраняет результаты измерений (рис. 4).



Рис. 4. Результаты измерений

2. Борис по открытому общедоступному каналу связи сообщает, какой тип измерений был использован для каждого фотона, т.е. какой был выбран базис, но результаты измерений остаются в секрете.

3. Алина сообщает Борису по открытому публичному каналу связи, какие измерения были выбраны в соответствии с тем базисом, который выбрала Алина (ри. 5).



Рис. 5. Правильные замеры

4. Затем легитимные пользователи оставляют только те варианты, в которых выбранные базисы сошлись. Эти случаи переводят в биты (0 и 1), и получают, таким образом, ключ (рис. 6).

∨		∖	—	/		∨
1		1	0	0		1

Рис. 6. Получение ключевой последовательности по результатам правильных замеров

#### Формирование квантового ключа по протоколу BB84

Двоичный сигнал Алисы	0	1	0	1
Поляризационный код Алисы	↔	↕	↗	↘
Детектирование Бобом	↕↔	↕↔	↕↔	↕↔
Двоичный сигнал Боба	0	1	?	?

В результате всех этих манипуляций Алина и Борис получают одинаковые последовательности бит. Эти биты и есть ключ, при помощи которого пользователи получают шанс кодировать и декодировать секретную информацию и обмениваться ей, по незащищённому от нелегитимного пользователя, каналу связи.

**Протокол E91 (EPR).** Протокол E91 был предложен А. Экертом в 1991 г. Также этот протокол называют – EPR, так как он был основан на парадоксе Эйнштейна–Подольски–Розенберга. В протоколе предполагается использовать, например, пары фотонов, рожденных в антисимметричных поляризациях. Перехватывание одного из фотонов не приносит Еве абсолютно никакой информации, но является для Алины и Бориса предупреждением о том, что в их разговор вмешался злоумышленник.

Эффект EPR возникает, когда сферически симметричный атом излучает два фотона в разных направлениях в сторону двух пользователей. Фотоны излучаются с неизвестной поляризацией, но в силу симметрии их поляризации однозначно противоположны. Особенностью данного эффекта является то, что поляризация фотонов будет известна только после измерения. На основе EPR Экерт и предложил протокол, который обеспечивает безопасность отправления и хранения ключа. Отправитель производит определенное количество EPR фотонных пар. Один из фотонов он оставляет для себя, а второй отправляет получателю. При этом, если эффективность записи близка к

единице, при приеме отправителем величины поляризации 1, то получатель регистрирует значение 0 и наоборот. Ясно, что так партнеры всякий раз, когда требуется, могут извлечь одинаковые псевдослучайные кодовые последовательности.

Алина записывает измеренные биты, а Борис записывает их дополнения до 1. Результаты измерений, в которых партнеры выбрали идентичные базисы, формируют сырой ключ. Для оставшихся результатов Алина и Борис проводят проверку выполнения неравенства Белла, как тест на присутствие злоумышленника, т.е. Евы.

**Заключение.** В данной статье для рассмотрения были представлены два протокола квантового распределения ключей BB84 и E91. Для каждого бита Алина и Борис случайно выбирают базис для измерения фотона, как в E91, так и в BB84 они обсуждают, какие методы они применяли для измерения фотонов в общедоступном канале, но в случае E91 вероятность обнаружения злоумышленника выше, т.к. если один из фотонов будет перехвачен, то это будет говорить о присутствии злоумышленника. В перспективе предполагается углубленно изучить протокол E91, а также на его основе разработать прототип для защищенной передачи информации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кронберг Д.А., Ожигов Ю.И., Чернявский А.Ю. Квантовая криптография: учеб.-метод. пособие. – М.: Макс Пресс, 2011. – 112 с.
2. Имре Ш., Балаж Ф. Квантовые вычисления и связь. Инженерный подход. – М.: Физматлит, 2008. – 320 с.
3. Bennett C.H. Quantum cryptography using any two nonorthogonal states // Phys. Rev. Lett. – 1992. – Vol. 68. – P. 3121.
4. Wiesner S. Conjugate coding // Sigact News. – 1983. – № 15. – P. 78–88.
5. Ekert. Quantum cryptography based on Bell's theorem / Phys. Rev. Lett. – 1991. – Vol. 67. – P. 661–663.

### ПРОТОТИП СИСТЕМЫ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛА B92

*Р.В. Серенков, С.И. Разгуляев, А.И. Зайниев, студенты*

*Научный руководитель А.С. Задорин, д.ф.-м.н., зав.каф. РЗИ*

*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, Sergeant\_96@mail.ru,*

*king.2020@mail.ru, r\_serenkov@mail.ru*

*«Проект ГПО РЗИ-1401 «Квантовая криптография»*

Одной из главных проблем создания защищенного канала связи с симметричным шифрованием данных является проблема распределения криптографических ключей [1]. Наиболее совершенными и ус-

тойчивыми к внешним атакам являются системы квантового распределения ключей (СКРК) [2]. Основной принцип работы данной системы заключается в передаче по квантовому каналу двумя легитимными удаленными пользователями, Алисой и Бобом, набора закодированных двухуровневых однофотонных посылок – кубитов  $\{|\psi_j\rangle\}$ . Если данное множество представлено двумя состояниями  $|\psi_{\pm}\rangle$  с соответствующей априорными вероятностями, то возможно различение неортогональных состояний кубитов и с некоторой конечной вероятностью, получения третьего, нечеткого результата. Указанная стратегия измерений кубитов положена в основу классического протокола B92 [3]. Целью настоящего сообщения является разработка и исследование программной модели СКРК с поляризационным кодированием.

Разработанная нами программная модель СКРК была реализована с помощью средств ПО Matlab – Simulink по схеме поляризационного кодирования кубитов согласно протоколу B-92 [3].

Передающая сторона (здесь и далее Алиса) подготавливает «посылки» для передачи их в защищённый канал связи. Чтобы подготовить посылку, необходимо сгенерировать фотон, обладающий определённым направлением вектора поляризации.

Разберём работу схемы, изображенной на рис. 1.

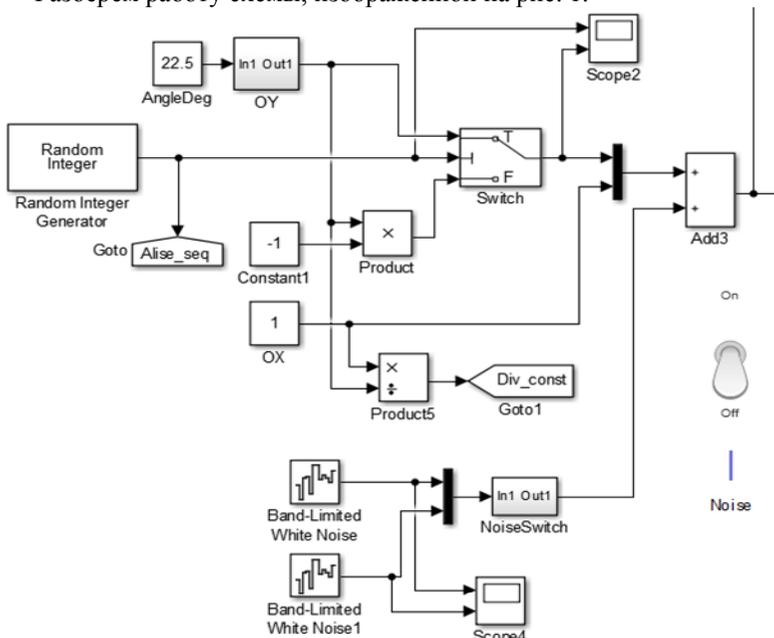


Рис. 1. Схема передающей стороны

Блок «Random Integer Generator» генерирует случайную последовательность нулей и единиц, распределённых по нормальному закону, которые имитируют секретный ключ. Блок «AngleDeg» задаёт угол вектора поляризации. Блок «OY» переводит заданный угол в необходимую величину вертикальной составляющей вектора поляризации. «OX» задаёт величину горизонтальной составляющей.

С помощью блока «Switch» в соответствии с ключевой последовательностью на вход мультиплексора подаются вертикальные составляющие вектора поляризации, различающиеся по знаку. Далее мультиплексор собирает значения ортогональных составляющих в вектор и отправляет на сумматор, в котором можно добавить случайную компоненту для симуляции шумов в канале связи.

Аналогично передающей стороне разберём назначение блоков приемной стороны (рис. 2).

Вначале, в соответствии с принципом работы протокола B92, раскладываем вектор поляризации принятого фотона на ортогональные составляющие, что моделируется с помощью демультимплексора. Затем уменьшаем величину горизонтальной составляющей, разделив её на специальный коэффициент Div\_const, который вычисляется отдельно. Теперь можно вновь сложить ортогональные составляющие и проверить получившийся угол вектора поляризации. Как видно из рис. 2 угол теперь составляет  $45^\circ$ , а значит фотоны приобрели разность углов вектора поляризации в  $90^\circ$  и их можно без труда различить.

Детектирование производится при помощи простых арифметических операций, поскольку составляющие вектора поляризации теперь равны, то их отношение будет равно 1, а знак будет отвечать за цифровой символ передаваемого кубита ( $-1 = \langle 0 \rangle$ ,  $1 = \langle 1 \rangle$ ).

Далее полученная ключевая последовательность отправляется в систему записи ключа «Key\_Wr» и в систему для определения скорости передачи (битрейта) для обнаружения возможных нелегитимных пользователей защищённого канала связи. Задача системы записи ключа, представленная на рис. 3, состоит в том, чтобы составить таблицу отсчетов ключевой последовательности, набранной у Алисы и Боба, а также остановить симуляцию по достижению заданной длины ключа.

Сигнал с триггера разрешает запись текущего отчёта ключевой последовательности для всех пользователей, а также увеличивает значение счётчика, который прекращает симуляцию по достижению определённого значения, задаваемого в «Key\_Lenght».

Блоки «Convert Image to double» преобразуют тип входных данных в double для того, так как в итоговом векторе должны содержаться данные одного типа.

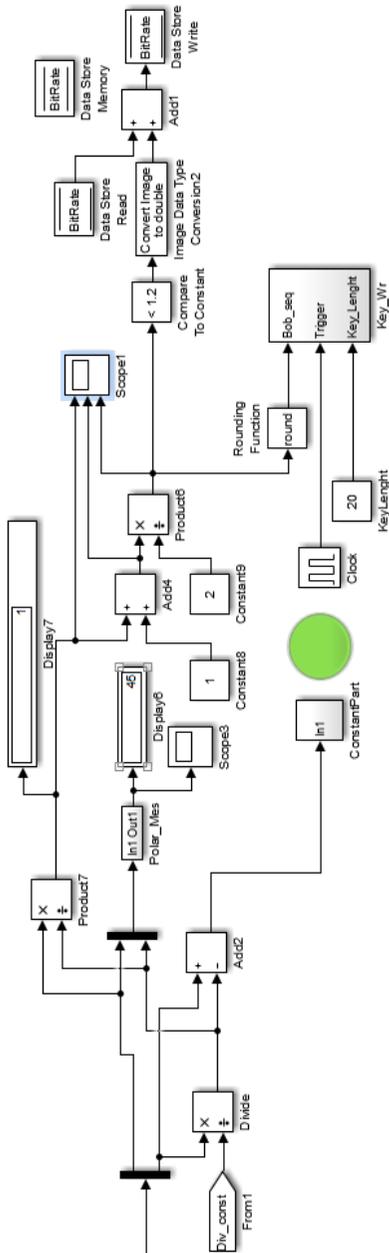


Рис. 2. Схема принимающей стороны

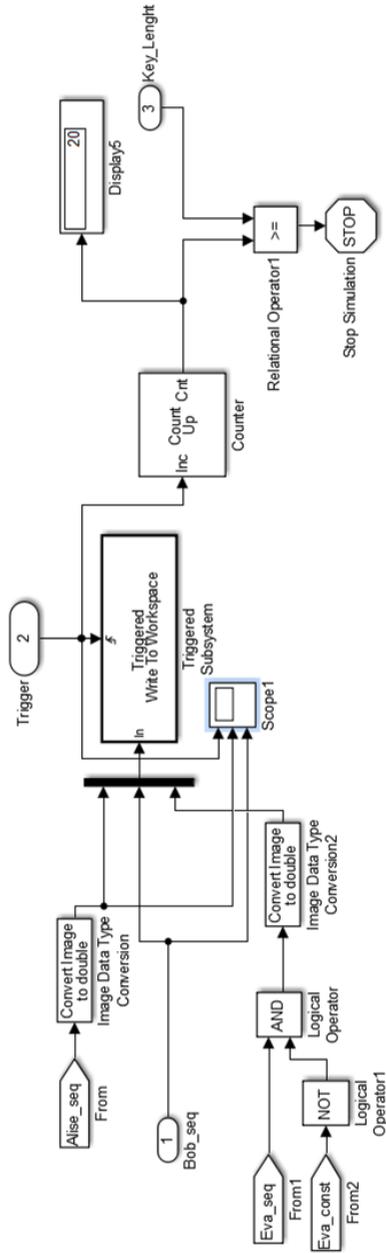


Рис. 3. Схема системы записи ключа

Отчеты ключевой последовательности всех пользователей собираются в вектор и отправляются на блок «Triggered Write to Workspace», который создаёт таблицу, содержащую значения ключа каждого пользователя в отдельной колонке. Пример такой таблицы можно увидеть на рис. 4.

	1	2	3
1	1	1	0
2	0	0	0
3	1	1	0
4	1	1	0
5	1	2	0
6	0	0	0

Рис. 4. Значения битов ключа для Алисы, Боба и Евы

Двойками отображаются те биты ключа, которые определены некорректно из-за наличия 20% ошибки в канале связи, которая связана с выбором угла вектора поляризации.

Ключ для Евы состоит из нулей, так как она в данной сессии не проявила активности.

Как можно видеть, большая часть битов ключа легитимных пользователей Алисы и Боба совпадают.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кронберг Д.А., Ожигов Ю.И., Чернявский А.Ю. Квантовая криптография: учеб.-метод. пособие. – М.: Макс Пресс. – 2011. – 112 с.
2. Имре Ш., Балаж Ф. Квантовые вычисления и связь. Инженерный подход. – М.: Физматлит, 2008. – 320 с.
3. Bennett С.Н. Quantum cryptography using any two nonorthogonal states // Phys. Rev. Lett. – 1992. – Vol. 68. – P. 3121.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ БЛОКИРОВАНИЯ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ SYSTEMVUE

*Д.С. Соболев, студент*

*Научный руководитель А.Ю. Попков, доцент*

*г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧиКР*

Воздействие интенсивной помехи, значительно превышающей по уровню полезный сигнал, возможно помимо основного и побочного каналов приема. При этом влияние помехи, проявляется в виде нели-

нейных эффектов: блокирования или перекрестной модуляции или одновременного возникновения указанных эффектов.[1]

Блокированием называется изменение уровня сигнала или отношения сигнал-шум на выходе радиоприемника при действии радиопомехи, частота которой не совпадает с частотами основного и побочных каналов приема радиоприемника.

В цифровых системах передачи, эффект блокирования проявляется в виде коэффициента битовых ошибок (BER). Максимальная пропускная способность, достижимая в данном канале передачи, в общем случае связана с коэффициентом битовых ошибок (BER), который можно получить в приёмнике. BER тесно связан с отношением сигнала к шуму (С/Ш), которое определяется способом модуляции.

BER – безразмерный параметр, показывающий насколько подвержена ошибкам наша система связи. В САПР SystemVue BER рассчитывается по следующей формуле:

$$BER = \frac{1}{2} e \cdot r \cdot f \cdot c \left( \sqrt{E_b + N_0} \right), \quad (1)$$

где  $E_b$  – энергия бита;  $N_0$  – спектральная плотность мощности шума;  $r$  – битовая скорость;  $e, f, c$  – постоянные величины.

Мы можем рассчитать BER для всей схемы и использовать блоки для построения графика BER. Эти наборы данных создаются с помощью блока BER\_FER (коэффициент битовых и фреймовых ошибок), показанного на рис. 1. Функциональная схема для исследования эффекта блокирования радиоприёмного устройства (РПУ) реализована на рис. 2.

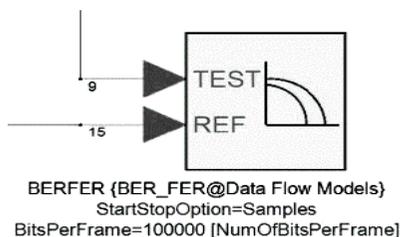


Рис. 1. Линия 9 блока BER представляет собой выход приёмника, а линия 15 – вход передатчика

Принципиальная схема установки включает в себя:

- генератор последовательности бит;
- радиопередатчик;
- радиоприемник;
- генератор помехи.

С помощью генератора бит, формируем последовательность из нулей и единиц. Полученные данные преобразуются в квадратурные составляющие ( $I$  и  $Q$ ), далее происходит модуляция самого сигнала. С

помощью генератора помех, вводим в канал не модулированную составляющую. Спектр полученного сигнала с помехой в канале представлен на рис. 3.

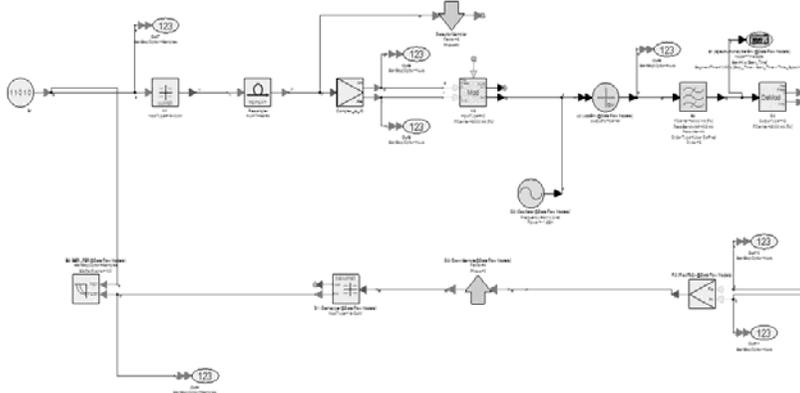


Рис. 2. Принципиальная схема установки для исследования эффекта блокирования РПУ

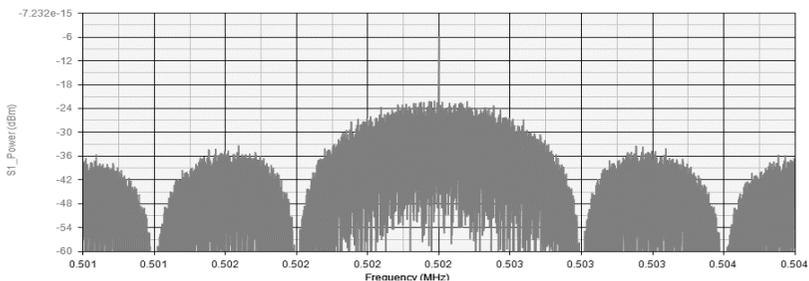


Рис. 3. Спектр сигнала с помехой в канале

Для того что бы понять, как влияет помеха на сигнал, был поставлен измеритель ошибок (BER\_FER). Данный блок сравнивает заданную последовательность бит с полученными. На рис. 4 представлена вероятность битовой ошибки.

#### Результаты измерений BER в зависимости от уровня помехи

Мощность, дБм	BER
-3	0
-2	0
-1	0
0	0,113
1	0,218
10	0,324

По полученным данным можно сделать вывод, что вероятность битовой ошибки зависит от уровня задаваемой помехи. При этом видно, что приведённая схема имеет определённый порог уровня помехи, после которого принимаемый сигнал перестаёт демодулироваться в исходной форме.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ефанов В.И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем: учеб. пособие / Ефанов В.И., Тихомиров А.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 298 с.
2. Уайт Д. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи / Пер. с англ. – Вып. 1; под ред. А.И. Сапгира. – М.: Сов. радио, 1977. – 348 с
3. Емельянов В.Е., Солозобов М.Е. Теория и методы оценки электромагнитного взаимодействия РЭО: пособие по выполнению лабораторных работ / В.Е. Емельянов, М.Е. Солозобов. – МГТУ ГА, 2014. – 146 с.

### ПОБОЧНЫЕ СПЕКТРАЛЬНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЦИФРОВОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО СИНТЕЗАТОРА

*Г.В. Корягин, студент*

*Научный руководитель В.Д. Дмитриев, к.т.н., доцент каф. ТОР  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, dvd51@mail.ru*

В цифровых вычислительных синтезаторах (ЦВС) частот, основанных на методе прямого цифрового синтеза, достигается отличная скорость перестройки в широком диапазоне частот с малым шагом, порядка сотых долей Герц. Однако для поддержания чистоты выходного спектра необходимо учитывать различные источники шума и побочных спектральных составляющих (ПСС). Поиск и борьба с ПСС становится все более актуальной задачей со столь стремительным развитием элементной базы на рынке, позволяющим занять технологии прямого цифрового синтеза свою нишу. В статье описывается процесс расчета уровня побочных спектральных составляющих, вызванные усечением бит на выходе аккумулятора фазы разрабатываемого цифрового вычислительного синтезатора и новый подход к борьбе с ними.

**Техническое задание.** Цель основной работы состоит в разработке ЦВС со следующими техническими требованиями, представленными в таблице:

**Источники шума и ПСС.** Сигнал, формируемый ЦВС подвержен влиянию шести основных источников шума и ПСС, они символически изображены на обобщенной функциональной схеме разрабатываемого ЦВС (рис. 1). Этими источниками являются: усечение бит

фазового аккумулятора (усечение кода фазы), адресованных синусоидальному ПЗУ ( $e_p$ ), искажение от сжатия синусоиды в ПЗУ ( $e_{COM}$ ), конечная точность выборок синуса, сохраненных в ПЗУ ( $e_A$ ), недостаточная разрядность ЦАП ( $e_{DA}$ ), влияние фильтра нижних частот (ФНЧ) ( $e_F$ ) и фазовый шум тактовой частоты ( $n_{clk1}$  и  $n_{clk1}$ ). Также присутствует частотная ошибка ( $\Delta f$ ), однако ошибка частоты вызывает именно смещение частоты, но не шум и побочные составляющие [2].

### Основные технические требования

Диапазон рабочих частот (МГц)	0 – 2000
Точность установки частоты (Гц)	$\leq 0.01$
Уровень выходной мощности (дБм)	-30 – 5
Относительный минимальный уровень ФШ	$\leq 90$ дБн/10кГц
Уровень ПСС (дБн)	$\leq 70$
Скорость перестройки (мкс)	$\leq 1$

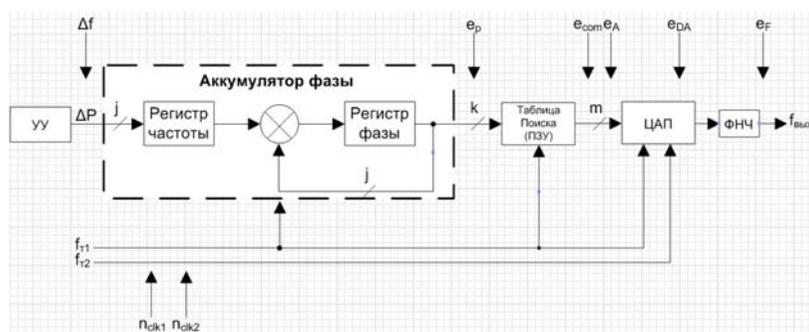


Рис. 1. Упрощенная функциональная схема разрабатываемого ЦВС с указанием источников шума и побочных спектральных составляющих

**Метод формирования сигнала.** Аккумулятор фазы работает с периодическими переполнениями, соответствующими периоду синусоидальной функции. Частота выходного сигнала рассчитывается по формуле:

$$f_{\text{вых}} = \Delta P \cdot (f_T / 2^k), \quad (1)$$

где  $f_{\text{вы}}$  – частота выходного сигнала;  $f_T$  – тактовая частота;  $\Delta P$  – слово приращения фазы (также называют словом настройки частоты);  $k$  – разрядность аккумулятора фазы.

Аккумулятор фазы и слово настройки частоты  $\Delta P$  составляют элемент управления частотой ЦВС. Однако в дополнение к элементу управления частотой, существует блок преобразования угла в амплитуду, или же таблица поиска, который преобразует выходной – раз-

рядный сигнал из значения фазы в значение амплитуды. Увеличение разрешения настройки ЦВС путем увеличения  $j$  значительно усложняет схему, так что практически невозможно преобразовать все  $j$  бит фазовой информации в амплитуду. Вместо этого ЦВС использует подмножество аккумуляторных битов для преобразования фазы в амплитуду, а именно  $k$  наиболее значимых бит. Это усечение бит значительно упрощает реализацию, однако ведет за собой появление побочных спектральных составляющих на выходе ЦВС, в частности ПСС усечения фазы первого порядка. В зависимости от конкретного значения  $\Delta P$  в выходном спектре могут присутствовать ПСС усечения фазы первого, второго и третьего порядков. Величина ПСС усечения фазы второго порядка зависит от характеристик гармонического искажения ЦАП, а уровень ПСС третьего порядка относится к ошибкам квантования, которые принципиально носят случайный характер.

Поскольку выход ЦВС является результатом формирования сигнала из фазовых выборок (т.е. выходного сигнала аккумулятора фазы), то спектр выходных сигналов следует правилам теореме выборок Найквиста – появляются два спектра, которые являются зеркальными отражениями друг друга, отражающимися на частоте Найквиста  $f_T/2$ .

Таким образом, ПСС первого порядка выражаются как два импульса, один из которых появляется между 0 Гц и  $f_T/2$ , а другой, как его зеркальное отражение, находится между  $f_T/2$  и  $f_T$ . Эти две паразитных составляющих являются наибольшими ПСС первого порядка, однако они могут быть не самыми большими обрывами фазы в целом. Из-за механизма, посредством которого ПСС появляются в спектре на выходе ЦВС, некоторые компоненты второго порядка могут иметь большую величину, чем паразитные составляющие первого порядка. Невозможно предсказать величину усечения фазы второго или третьего порядка. Величина ПСС усечения фазы второго порядка зависит от характеристик гармонического искажения ЦАП. А уровень ПСС третьего порядка относится к ошибкам квантования, которые принципиально носят случайный характер.

Новой идеей в разрабатываемом ЦВС – является использование двух опорных частот (см. рис. 1), переключающихся высокоскоростными ключами для сохранения скорости работы устройства. В таком случае, на разработанной макетной плате, будет возможность отфильтровать ПСС второго и третьего порядков, в случае их наличия и превышения компонент первого порядка, подобрав соответствующие тактовые частоты.

**Вычисление амплитуды ПСС первого порядка.** Фактически, наиболее важной характеристикой  $\Delta P$  для определения ПСС первого

порядка является количество конечных нулей, которое оно имеет в двоичной форме. Число конечных нулей определяет важный параметр  $L$ , который является местоположением самого правого ненулевого бита  $\Delta P$ . Положение бит  $L$ , в зависимости от желаемой выходной частоты ЦВС, определяет, как распространяются ПСС в выходном спектре [3].

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
$\Delta P$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 2. Пример слова настройки частоты и определение  $L$

Обе паразитных составляющих обладают одним уровнем и учитывая значения  $\Delta P$  и  $k$  для разрабатываемой конструкции ЦВС, их величина рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{ПСС}} = 20 \cdot \lg \left[ \frac{\sin(\pi/2^L)}{\sin(\pi(2^k - 1)/2^L)} \right], \quad (2)$$

где значение  $P_{\text{ПСС}}$  рассчитывается в единицах дБн.

В качестве примера слово настройки частоты взято случайным образом, значения разрабатываемого ЦВС  $k = 17$  и  $L = 25$  (рис. 2), в таком случае амплитуда  $P_{\text{ПСС}} = -102,35$  дБн, что удовлетворяет техническому заданию.

**Заключение.** Наиболее простыми и эффективными с точки зрения технической реализации являются схемы на основе прямого цифрового синтеза. Однако использование ЦВС сопряжено с некоторыми трудностями, связанными с появлением дискретных побочных составляющих, которые могут значительно ухудшить качество сигнала. Поэтому необходимо знать амплитуды и частоты ПСС для того, чтобы учитывать их при разработке схемы, предотвращая их воздействие. К сожалению не всегда это является возможным, потому необходимо искать новые методы борьбы с ними.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Chenakin A. Frequency Synthesis: Current Status and Future Projections// Micro Lambda Wireless Inc., Fremont, Calif. – 2017. – P. 1–5 .
2. Vankka J. Direct Digital Synthesizers: Theory, Design and Applications// Helsinki University of Technology Department of Electrical and Communications Engineering Electronic Circuit Design Laboratory. – 2000. – P. 33–48.
3. Gentile K. How to Predict the Frequency and Magnitude of the Primary Phase Truncation Spur in the Output Spectrum of a Direct Digital Synthesizer (DDS). – P. 2–3.

## **ПОДСЕКЦИЯ 1.5**

### **АУДИОВИЗУАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ СЕРВИС**

*Председатель – Курячий М.И., доцент каф. ТУ, к.т.н.;*  
*зам. председателя – Костевич А.Г., доцент каф. ТУ НИЧ, к.т.н.*

#### **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА СДО MOODLE «ОБУЧЕНИЕ 3D-РУЧКАМ МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ 3D-РУЧКАМИ»**

*Л.Н. Андрийчук, О.С. Конарева, студентки каф. ТУ*  
*Научный руководитель В.А. Семизлазов, доцент каф. ТУ, к.т.н.*  
*г. Томск, ТУСУР, [lyana.andrii4uck@yandex.ru](mailto:lyana.andrii4uck@yandex.ru), [konareva18@mail.ru](mailto:konareva18@mail.ru)*  
*Проект ГПО ТУ-1701 «Информационный сервис в сфере образования»*

На сегодняшний день очень популярны курсы повышения квалификации, но среди них очень мало таких, которые были бы направлены на обучение работе с 3D-оборудованием. Хотя такое оборудование все чаще появляется в жизни людей. Кроме того, становятся актуальными именно электронные онлайн курсы повышения квалификации, так как это не требует личного присутствия на занятиях, время занятий можно корректировать в зависимости от своего личного расписания, есть возможность обучения из другого города и многое другое.

Разработанная программа обучения направлена на освоение 3D-ручки, с возможностью дальнейшего преподавания освоения 3D-ручки детям.

Цель представляемой работы заключается в разработке и оформлении электронного курса в СДО Moodle, соответствующего учебно-методическому пособию «Рисование 3D-ручками. Методика обучения преподавателей и учащихся».

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Разработка структуры электронного курса в соответствии с учебно-методическим пособием «Рисование 3D-ручками. Методика обучения преподавателей и учащихся».

2. Сбор дополнительного материала и оформление электронного курса «Обучение 3D-ручкам. Методика обучения моделирования 3D-ручками» в СДО Moodle.

3. Запуск электронного курса «Обучение 3D-ручкам. Методика обучения моделирования 3D-ручками».

Как уже было сказано выше, семестром ранее в рамках ГПО было разработано учебно-методическое пособие для томской компании «ЗДКОРП», предназначенное для очного обучения по программе повышения квалификации «Рисование 3D-ручками. Методика обучения преподавателей и учащихся». Эта программа предполагает обучение работе с 3D-ручкой, изучение основных методик рисования 3D-ручкой, а также многих теоретических аспектов, касающихся 3D-ручек, обучение методикам создания шаблонов и основным аспектам работы в программе «Inkscape».

В первую очередь проектной группой была разработана структура предполагаемого электронного курса в соответствии с учебно-методическим пособием и учебно-тематическим планом (табл.).

Электронный курс разделен на 6 тем (маленькие темы были со-вмещены, так как не требуют более детального изучения). Из каждого раздела очного курса теоретические занятия были сформированы в лекции (по одной лекции в теме на несколько страниц). Практические занятия были вынесены в темы 4–6.

Данный электронный курс, как и курс очного обучения, содержит информацию о том, что такое 3D-ручка и о ее истории, о видах и сферах применения 3D-ручек. Кроме того, в курсе предусмотрены теоретические занятия по технике безопасности, изучении материалов и основных техник рисования 3D-ручкой, а также теоретические занятия по созданию шаблонов в графическом редакторе «Inkscape».

Теоретические занятия (лекции) предполагают закрепление полученных знаний на практике, а именно уроки, содержащие видео, презентации и другие мультимедиа файлы. По этим видео обучающийся сможет легко закрепить техники рисования и затем самостоятельно изготавливать изделия. Кроме того, предусмотрены практики по изготовлению шаблонов в графическом редакторе «Inkscape» (рис. 1).

Что касается видео, то они представляют собой съемку процесса рисования, детальной демонстрации различных техник работы с 3D-ручкой. Съемка произведена с различных ракурсов и прокомментирована (в том числе субтитрами).

Каждая страница лекции завершается контрольным вопросом. При правильном ответе, обучающийся переходит к изучению следующей страницы. Если же обучающийся ошибается, то его отправ-

ляют для повторного прочтения страницы лекции, после чего ему снова будет задан тот же вопрос.

**Содержание очного курса «Рисование 3D-ручками. Методика обучения преподавателей и учащихся» с информацией о часах и формах контроля**

№ п/п	Наименование модулей (курсов)	Общая трудоемкость, ч	Всего ауд. ч	Аудиторные занятия, ч		СРС, ч	Формы контроля
				Лекции	Практические и семинарские занятия		
1	<i>Раздел 1. Понятие 3D-ручки</i>	2	2	2	–	2	Тест
1.1	Тема 1. Что такое 3D-ручка?	1	0,5	0,5	–	0,5	–
1.2	Тема 2. История возникновения 3D-ручки	1	0,5	0,5	–	0,5	–
1.3	Тема 3. Виды 3D-ручек	1	0,5	0,5	–	0,5	–
1.4	Тема 4. Сфера применения 3D-ручек	1	0,5	0,5	–	0,5	–
2	<i>Раздел 2. Обслуживание и материалы</i>	4	3	2	1	1	Тест
2.1	Тема 1. Обслуживание и ремонт 3D-ручек	2	1,5	1	0,5	0,5	-
2.2	Тема 2. Обзор расходных материалов	2	1,5	1	0,5	0,5	-
3	<i>Раздел 3. Создание изделий с помощью 3D-ручки</i>	42	35	5	30	7	Тест
3.1	Тема 1. Изготовление шаблонов в графическом редакторе	6	4	1	3	2	–
3.2	Тема 2. Техника работы с 3D-ручкой	36	31	4	27	5	–
	<b>Итого</b>	50	40	9	31	10	

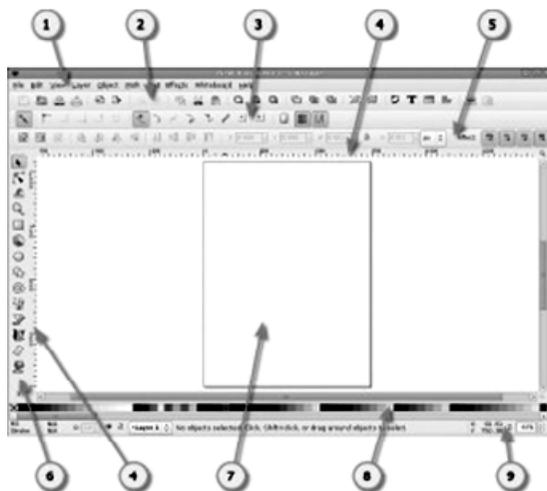


Рис. 1. Окно интерфейса «Inkscape»

Также, в качестве контроля полученных знаний, по окончании каждой лекции обучающийся проходит тест из 5 вопросов по изученной теме. Проектной группой были разработаны тестовые задания, направленные на проверку основных теоретических и практических знаний. Для каждой темы было создано по 20 вопросов, из которых при прохождении теста случайным образом выбирается 5 вопросов.

Таким образом, в результате проделанной работы был разработан электронный курс «...», в результате освоения которого слушатель сможет получить необходимые знания, умения и навыки в области рисования 3D-ручкой, а также получить возможность развить и продемонстрировать навыки в этой области.

Слушатель, пройдя данный курс, приобретет не только теоретические знания в данной области, но и научится использовать их на практике. По окончании курса выпускник данной программы получит сертификат установленного образца.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Книга с трафаретами для 3D-ручки. – ООО «Клик-Трейд». – 2016. – 28 с.
2. Большой обзор по 3D-ручкам. [Электронный ресурс]. – Режим доступа [https://pikabu.ru/story/bolshoy\\_obzor\\_po\\_3d\\_ruchkam\\_4324533](https://pikabu.ru/story/bolshoy_obzor_po_3d_ruchkam_4324533)
3. Открытые технологии. Веб-приложения для бизнеса и образования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://opentechnology.ru/products/moodle>

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И СКОРОСТИ ПЕЧАТИ НА 3D-ПРИНТЕРЕ ПРИ ПОМОЩИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВУХ ЭКСТРУДЕРОВ**

*Э.В. Леушков, В.Д. Антонов, студенты*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент каф. ТУ*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ*

Целью работы является изучение особенностей работы с 3D-принтерами, имеющих два экструдера, и формирование рекомендаций по повышению качества и скорости печати.

Исследования, проведенные в 2014 г., показали, что собственники 3D-принтеров с двумя экструдерами используют одновременно оба лишь в четырех процентах случаях от общего объема печати.

Одной из причин того, почему пользователи 3D-принтеров технологии FDM редко используют два экструдера одновременно, является то, что печатать двумя соплами более сложный процесс. Для печати необходимо настроить сразу два экструдера, при этом зная, какого цвета филамент находится в каждом из них. Для решения данной проблемы необходимо набираться опыта в работе с двумя соплами, что в свою очередь позволит быстро и без проблем нарезать 3D-модель в слайсере, а также знать какую температуру плавления необходимо выставить для того или иного пластика.

Следующая проблема заключается в трудности калибровки стола. Необходимо очень точно выставить зазор между столом и двумя экструдерами, а также необычайно точно выставить зазор между каждым соплом и платформой, для этого можно скачать и распечатать специальную модель для проведения калибровки экструдеров [1].

Третьей по счету можно выделить проблему вытекания расплавленного пластика на объект, во время простоя одного сопла и использования другого. Для предотвращения такой ситуации желательно выстроить вокруг печатаемой детали защитные стенки. Современные слайсеры автоматически строят подобные стенки после включения двухцветной 3D-печати.

Следующим вопросом является отсутствие специализированного программного обеспечения для удобной печати разноцветных деталей. Как правило, в них очень сложно расположить точно две детали, чтобы одна из них идеально накладывалась на вторую. Чтобы избежать проблем данного рода, нужно скачивать STL-модели, уже готовые для разноцветной печати, а также использовать другие форматы 3D-объектов, например: obj, thing [2].

Последнюю из причин можно выделить такую как небольшое количество двухцветных моделей, доступных для скачивания. В качестве рекомендации можно предложить объединять несколько деталей в

одну, делить одну деталь на несколько с помощью специальных функций в слайсере, а также самостоятельно в 3D-редакторе создавать разноцветные модели [3].

При настройках 3D-печати каждый раз приходится выбирать: скорость или качество? Всеми известный факт, что при увеличении скорости, уменьшается качество, и наоборот. Но есть способ, позволяющий повысить как скорость, так и качество печати одновременно.

Рассмотрим варианты увеличения качества при 3D-печати:

1) уменьшение высоты слоя пластика. Чем меньше высота слоя, тем больше количество слоев, и соответственно тем ниже будет скорость печати. Между высотой слоя и скоростью 3D-печати прослеживается определенная зависимость;

2) понижение скорости экструдера, что приводит к уменьшению вибрации конструкции и к повышению схватыванию слоев между собой;

3) уменьшение диаметра сопла, что приводит к уменьшению выдавливания пластика за единицу времени. Уменьшение диаметра сопла дает ощутимый прирост к качеству 3D-печати, повышая при этом, конечно, и время печати [4].

Можно применять сразу три способа, но использование как минимум хотя бы одного из них уже очень заметно скажется на времени печати. Самый эффективный способ повышения качества печати последний. Сопло меньшего диаметра всегда даст более точную печать.

Принтеры с двумя экструдерами позволяют использовать сопла разного диаметра. При стандартной схеме использования два экструдера не приносят прироста в скорости печати. Все дело в том, что они установлены на одной общей каретке, и не могут двигаться независимо друг от друга, что приводит к тому, что приходится соблюдать очередность – когда один экструдер печатает, другой находится в простое.

Использование сопел разного диаметра может помочь поднять скорость 3D-печати на новый уровень. Видимая часть объекта – это примерно десять процентов пластика, весь остальной филамент скрыт внутри детали. Для тестирования этого способа были установлены в 3D-принтер два разных сопла: 0,5 мм и 0,2 мм, а также выставлен специальный режим работы – при котором печать лицевой стороны модели производилась соплом 0,2 мм, а печать внутренней части модели соплом 0,5.

Этот способ позволил в несколько раз поднять скорость печати объекта.

Интересным вариантом было бы, если 3D-принтер так же использовал экструдер с увеличенным диаметром сопла для построения внешней области модели. Рассмотрим этот процесс на примере.

В ходе проведенного тестирования толщина лицевой части модели будет составлять 0,7 мм. Соплу, диаметром 0,2 мм необходимо будет сделать четыре обводки чтобы добиться нужной толщины. Если же использовать два экструдера одновременно (0,2 мм + 0,5 мм), достаточно будет лишь двух обводок.

Когда слайсеры позволяют использовать этот прием – 3D-печать сможет получить ощутимый прирост скорости без изменения качества. Но даже сейчас использование двух сопел сразу может снизить затраченное время на 3D-печать в несколько раз, что конечно не может ни радовать пользователей 3D-принтеров с двумя экструдерами [5].

В заключение можно сказать, что два экструдера дают 3D-принтерам несомненные преимущества, такие как:

- ускорение и повышение качества печати из-за использования одновременно двух экструдеров с соплами разного диаметра;
- создание двухцветных моделей;
- увеличенная надежность экструдера, так, например, при засорении сопла всегда можно перейти на использование другого без особых проблем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технологии 3D-печати [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ixbt.com/printer/3d/3d\\_tech.shtml](http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml)
2. Конструкция FDM-принтеров [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ixbt.com/printer/3d/3d\\_fdm.shtml](http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_fdm.shtml)
3. Канесса Э. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития / Э. Канесса, К. Фонда, М. Зеннаро. – Италия, 2013. – 192 с.
4. Особенности 3D-печати двумя экструдерами. Двухцветная 3D-печать [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://3dprinter.ua/dual\\_printing/](https://3dprinter.ua/dual_printing/)
5. Как повысить качество и скорость 3D-печати одновременно. Два экструдера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://3dprinter.ua/increase\\_quality/](https://3dprinter.ua/increase_quality/)

### МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЮЩИХ КАМЕР С ПОМОЩЬЮ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ТАБЛИЦЫ В РЕЖИМЕ 4К И 8К

*А.М. Айткалиева, магистрант каф. ТУ;*

*А.А. Сангилбаев, А.А. Ишмухамбетова, магистранты каф. ТОР*

*Научный руководитель В.А. Шалимов, профессор каф. ТУ, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, o\_w\_n@inbox.ru*

Цифровые технологии всё шире используются в современных видеоинформационных системах и совместно с интегральными тех-

нологиями привели к созданию и использованию телевизионных стандартов, которые в настоящее время переходят от HD к 4K, 8K [1].

В эксплуатационных условиях оценку качества телевизионного изображения и тракта передачи производят с помощью универсальных испытательных таблиц [1]. Если изображение таблицы соответствует установленным нормам, то гарантируется номинальное качество при наблюдении реальных сюжетов. Таблицы содержат элементы, с помощью которых, оператор может судить о спектральных, частотно-контрастных, геометрических и координатных искажениях сюжетов [2, 3].

Одной из таблиц с помощью которой можно оценивать параметры изображений в новых стандартах является испытательная таблица ISO 12233 [4]. Таблица (рис. 1) позволяет измерять разрешение до 8000 линий по вертикали.

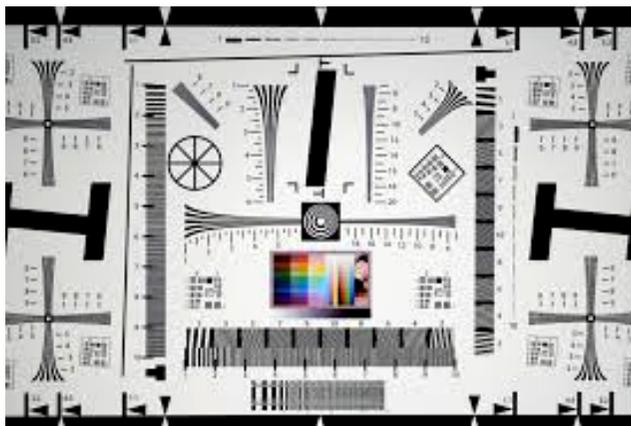


Рис. 1. Тестовое изображение в формате 8K

Оператор по этой таблице может оценить искажения цветов, но эта оценка является субъективной. Количественную оценку спектральных характеристик можно произвести с помощью предложенной структурной схемы по экрану осциллографа.

С учетом того, что видеотрансляционные системы все шире используются в устройствах поддерживающие разрешения 4K и 8K, возникает необходимость в оценке качества изображения по количественным характеристикам, например, таким как спектральные характеристики. И решением этой проблемы является, разработанное устройство представленная на рис. 2 [5].



Рис. 2. Структурная схема устройства для измерения спектральных характеристик телевизионных передающих камер

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин А.Г., Казанцев Г.Д., Костевич А.Г. и др. Цифровое телевидение в видеоинформационных системах. – Томск: ТУСУР, 2010. – 465 с.
2. Быков Р.Е. Основы телевидения и видеотехники: учеб. для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 399 с.
3. Кривошеев М.И. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы: учебник. – 2001. – 574 с.
4. Тестовые таблицы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dim565.ru/тестовые-таблицы/> (дата обращения: 03.03.2018).
5. Айткалиева А.М., Сангилбаев А.А., Ишмухамбетова А.А., Шалимов В.А. Методические указания к лабораторной работе «Метод измерения контрастно-частотных характеристик телевизионных передающих камер» // Современные педагогические технологии при реализации программ магистратуры и подготовки кадров высшей квалификации: Матер. Междунар. науч.-метод. конф., 1–2 февр. 2018 г. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2018. – С. 67–68.

## **РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРОГРАММЫ ДПО «ОПЕРАТОР 3D-ПЕЧАТИ»**

***С.В. Литвинова, А.О. Бакисова, В.Д. Маслёнкина, студентки***

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, SSSoft.111@gmail.com,*

*vika.melkaya.maslyonkina@mail.ru, hevriberizele@mail.ru*

*Проект ТУ-1701 «Разработка учебно-тематического плана  
программы ДПО «Оператор 3D-печати»*

Сегодня повсеместно открываются первые пункты коммерческой печати, которые предлагают услуги по быстрому прототипированию объектов. В ближайшие годы 3D-принтеры займут прочные позиции во всех сферах жизнедеятельности человека.

По мере распространения трёхмерных принтеров, на рынке труда появится актуальная вакансия «оператор 3D-печати». Оператор будет выполнять следующие функции: моделирование и проектирование трёхмерных объектов, подготовка моделей к печати, контроль над созданием объектов, финишная обработка готовых объектов и техническое обслуживание 3D-принтера.

Целью данного проекта является разработка учебно-тематического плана и учебного пособия для курса «Оператор 3D-печати».

Задачи:

- подбор профессиональных стандартов;
- подбор федеральных государственных образовательных стандартов;
- составление рабочей программы;
- изучение необходимых материалов;
- приобретение практических навыков для качественной печати 3D-модели.

Актуальность данной работы состоит в том, что сфера 3D-печати, 3D-принтеров в настоящее время активно развивается, для предприятий, которые хотят использовать 3D-принтеры в своей деятельности, нужны компетентные работники, умеющие пользоваться нужными программами и знающие нюансы работы с 3D-печатью.

Практическая ценность работы состоит в разработке курса для подготовки кадров в развивающейся сфере.

Категория слушателей: работники предприятий в сфере 3D-технологий, научно-педагогические работники учреждений высшего, среднего профессионального образования, средних образовательных школ.

Программа повышения квалификации «Оператор 3D-печати» знакомит слушателей с процедурой печати на 3D-принтере, програм-

мы для печати, рассматривает особенности печати и используемых материалов, а также особенности обработки изделий.

Программа разработана в соответствии с Профессиональными стандартами и Федеральными государственными образовательными стандартами.

Содержание программы приведено ниже, в скобках указано общее количество аудиторных часов.

### **Раздел 1. Введение в 3D-печать (8 ч).**

*Тема 1.* Виды аддитивных технологий (1,5 ч).

В этой теме описаны основные методы и технологии, их особенности, применение, а также подходящие материалы.

*Тема 2.* Области применения 3D-принтеров/3D-печати (2 ч.).

В этой теме рассматривается применение 3D в обучении, медицине, производстве и т.д.

*Тема 3.* Виды материалов (4, 5 ч).

В этой теме приведены материалы, использующиеся в 3D-печати их виды и свойства.

**Раздел 2. Алгоритм получения 3D-изделия (30,5 ч).**

*Тема 1.* Пути получения 3D-модели (1,5 ч).

В этой теме рассматриваются приложения для 3D-моделирования, устройства, с помощью которых возможно отсканировать тот или иной объект и сайты с готовыми 3D-моделями.

*Тема 2.* Выбор принтера и материала (3 ч).

В этой теме описаны принтеры с их характеристиками и подходящие для них материалы.

*Тема 3.* Исправление ошибок 3D-модели (4,5 ч).

В этой теме рассмотрен интерфейс программы Netfabb.

*Тема 4.* Настройки слайсера (10,5 ч).

В этой теме рассматриваются настройки слайсера Simplify3d.

*Тема 5.* Постановка, контроль печати и снятие с печати (4,5 ч).

В этой теме рассматривается процесс печати и способы увеличения адгезии.

*Тема 6.* Постобработка изделий после печати (6,5 ч).

В этой теме рассмотрены виды дефектов, способы их устранения и способы обработки модели после печати.

В результате работы над проектом был разработан УТП программы «Оператор 3D-печати» общей трудоемкостью 38,5 ч, в том числе: 10,5 ч лекций, 13 ч практических занятий и 15 ч самостоятельной работы слушателей.

Разработана рабочая программа курса «Оператор 3D-печати», содержащая 9 тем на 23,5 аудиторных часов.

Разработано учебное пособие по курсу на 129 страниц.  
Были получены практические и теоретические навыки по направлению курса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Семиглазов В.А., Бакисова А.О., Маслѐнкина В.Д., Литвинова С.В. Учебное пособие по курсу «Оператор 3D-печати» / Издательство ООО «ЗД КОРП», 2018г. – 129 с. (дата обращения: 26.02.2018)
2. Методические рекомендации-разъяснения по разработке дополнительных профессиональных программ на основе профессиональных стандартов [Электронный ресурс] – 2015. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/support/43/5/8> (дата обращения: 26.02.2018)
3. Учебно-тематический план и содержание программы – ДомТворчества.Ру: сайт о дополнительном образовании [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://neobionika.ru/razrabotka-obrazovatelnoi-programmy/20.html> (дата обращения: 27.02.2018)
4. Реестр профессиональных стандартов «Специалист по компьютерному программированию станков с числовым программным управлением» [Электронный ресурс] – 2015. – Режим доступа: <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/> (дата обращения: 27.02.2018).

#### РАЗРАБОТКА КОМПЕТЕНТНОСТНОЙ КАРТЫ НАБОРА ПРОГРАММ ДПО «ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ»

*К.Н. Бондарчук, В.В. Прудникова, студентки*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент каф. ТУ  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, kristina.bondarchuk.1997@mail.ru;  
viktoriya\_prudnikova14@mail.ru*

*Проект ГПО ТУ-1701 «Информационный сервис в сфере  
образования»*

«Видеоинформационные технологии и цифровое телевидение» является востребованным направлением в современном мире. Можно сказать, что наш мир построен на информационных технологиях, ведь именно благодаря им, он развивается. Так же стоит отметить, что тенденция развития этих технологий приводит к острой необходимости в подготовке кадров по этому направлению.

Актуальность темы заключается в расширении сферы применения выпускников за счет тщательной разработки дополнительных образовательных программ, необходимых для рынка труда.

Цель работы: составление карты соответствия компетенций Федеральных государственных образовательных стандартов и профес-

сиональных стандартов для программы бакалавриата (11.03.01 и 11.03.02), магистратуры (11.04.01 и 11.04.02) по направлениям «Радиотехника» и «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

При выполнении работы были поставлены следующие задачи:

1. Подбор профессиональных стандартов для программы бакалавриата (11.03.01 и 11.03.02), магистратуры (11.04.01 и 11.04.02) по направлениям «Радиотехника» и «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

2. Подбор направлений профессиональной деятельности для выпускников кафедры ТУ по направлению подготовки «Видеоинформационные технологии и цифровое телевидение».

3. Определение дополнительных компетенций подготовки для выпускников для расширения сферы востребованности на рынке труда.

Практическая ценность для кафедры ТУ:

1. Учебно-методическая наработка для дальнейшей разработки дополнительных образовательных программ.

2. Определение сферы применения выпускников на базе существующих Профессиональных стандартов.

3. Рекомендации по корректировке учебного плана для программы бакалавриата (11.03.01 и 11.03.02), магистратуры (11.04.01 и 11.04.02) по направлениям «Радиотехника» и «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» для расширения спектра рабочих мест.

Первый этап работы над проектом – это выбор профессиональных стандартов, с учетом которых будет разработана дополнительная профессиональная программа [1].

Для того, чтобы найти профессиональные стандарты, можно обратиться к национальному реестру профессиональных стандартов, который размещен на сайте Минтруда России.

В результате отбора ПС для дополнительной профессиональной программы «Видеоинформационные технологии и цифровое телевидение» были выбраны следующие профессиональные стандарты:

1. ПС 06.006. Специалист по радиосвязи и телекоммуникациям.

2. ПС 06.024. Специалист по технической поддержке информационно-коммуникационных систем.

3. ПС 06.026. Системный администратор информационно-коммуникационных систем.

4. ПС 06.010. Инженер технической поддержки в области связи (телекоммуникаций).

5. ПС 06.018. Инженер связи (телекоммуникаций).

6. ПС 24.057. Специалист в области информационных технологий на атомных станциях (разработка и сопровождение программного обеспечения).

7. ПС. Специалист по оказанию космических услуг на основе использования данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Результаты анализа (фрагмент) оформлены в виде табл. 1.

Таблица 1

**Связь дополнительной профессиональной программы  
с профессиональными стандартами**

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции	
Код	Наименование	Наименование	Код
ПС 06.006 «Специалист по радиосвязи и телекоммуникациям»			
В	Эксплуатация и развитие коммутационных подсистем и сетевых платформ (уровень квалификации: 6)	Эксплуатация коммутационных подсистем и сетевых платформ	В/01.6
		Развитие коммутационных подсистем и сетевых платформ	В/02.6
С	Эксплуатация и развитие транспортных сетей и сетей передачи данных, включая спутниковые системы (уровень квалификации: 6)	Эксплуатация транспортных сетей и сетей передачи данных	С/01.6

Следующий этап: сопоставление Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) и профессиональных стандартов (ПС) [2].

Разработанные программы профессиональной переподготовки на основе профессиональных стандартов и требований к результатам освоения образовательных программ, соответствующих ФГОС ВО, приведены в табл. 2.

В ходе проделанной работы, были выполнены все поставленные цели и задачи, связанные с разработкой дополнительных программ, для того, чтобы улучшить занятость выпускников кафедры ТУ.

Стоит отметить, что приходилось анализировать большое количество ПС, связанных с телекоммуникациями. В результате проделанной работы, получили большой объем знаний и навыков в области направления «Видеоинформационные технологии и цифровое телевидение». А также, научились работать с ФГОСами и ПС.

При выполнении работы были поставлены следующие задачи, которые были выполнены.

Таким образом, пришли к следующим результатам:

1. Подготовлена учебно-методическая наработка по направлению «Видеоинформационные технологии и цифровое телевидение».

2. Определены существующие ПС для программы «Видеоинформационные технологии и цифровое телевидение», из которых были выбраны 7 ПС.

Таблица 2

## Сопоставление ФГОС и ПС

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции		ФГОС ВО 43.03.01 СЕРВИС		
Код	Наименование	Наименование	Уровень (подуровень) квалификации	ВПД	ПК	
ПС 33.008 «Руководитель предприятия питания»						
А	Эксплуатация и развитие коммутационных подсистем и сетевых платформ	Эксплуатация коммутационных подсистем и сетевых платформ (уровень квалификации: 6)	6	Проектно-конструкторская, монтажно-наладочная, сервисно-эксплуатационная	ПП К-6	ПП К-6
		Развитие коммутационных подсистем и сетевых платформ (уровень квалификации: 6)	6	Научно-исследовательская, проектно-конструкторская, производственно-технологическая, организационно-управленческая, монтажно-наладочная, сервисно-эксплуатационная	ПК-2 ПК-4 ПК-5	ПК-6 ПК-8
С	Эксплуатация и развитие транспортных сетей и сетей передачи данных, включая спутниковые системы	Эксплуатация транспортных сетей и сетей передачи данных	6	Научно-исследовательская, проектно-конструкторская, производственно-технологическая, организационно-управленческая, монтажно-наладочная, сервисно-эксплуатационная	ПК-2 ПК-4	ПК-5 ПК-6

3. Из выбранных ПС были определены 30 ОТФ, из которых в свою очередь были выбраны – 25 подходящих. Трудовых функций насчитывалось 112, из которых были выбраны только 80.

4. Подобраны компетенции к выбранным ПС.

5. Сопоставлены федеральные государственные образовательные стандарты и профессиональные стандарты.

6. Сделаны выводы о том, какие виды деятельности можно добавить в рабочую программу, чтобы расширить область трудоустройства выпускников кафедры ТУ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Минтруда России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://profstandart.rosmintrud.ru/> (дата обращения: 18.03.2017).

### **РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРОГРАММЫ ДПО «СПЕЦИАЛИСТ ПО ВИДЕОМОНТАЖУ. ПОШАГОВАЯ МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ПЛАТНЫХ ВИДЕОКУРСОВ ПО ОБУЧЕНИЮ»**

*К.Н. Бондарчук, В.В. Прудникова, студентки*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, kristina.bondarchuk.1997@mail.ru;*

*viktoriya\_prudnikova14@mail.ru*

*Проект ГПО ТУ-1701 «Информационный сервис в сфере образования»*

Создание видеороликов относится к видеоинформационным технологиям, которые являются востребованными в современном мире. Можно сказать, что наш мир построен на информационных технологиях, ведь именно благодаря им, он развивается. Телевидение, глобальная сеть Интернет не могут существовать без видеороликов. Так же стоит отметить, что тенденция развития этих технологий приводит к острой необходимости в подготовки кадров по этому направлению.

Актуальность этой темы заключается в том, что видео широко используется во всех сферах деятельности человека. Сложно представить день современного человека без использования видеоинформационных технологий, так как пользование ими значительно облегчает жизнь.

Цель работы: создание курсов по обучению работы с программой AVS Video Editor для сотворения видеороликов различных видов.

Задачи работы:

- 1) создать УТП;
- 2) разработать рабочую программу;
- 3) разработать учебное пособие.

Первый этап работы над проектом – это создание учебно-тематического плана повышения квалификации «Специалист по видеомонтажу».

**Категория слушателей** – работники предприятий в сфере 3D-технологий, научно-педагогические работники учреждений высшего, среднего профессионального образования, средних образовательных школ.

**Срок обучения** – от 5 дней до 10 дней.

**Форма обучения** – очная, заочная, в том числе, с применением дистанционных образовательных технологий, индивидуальная форма обучения.

**Режим занятий** – от 2 до 6 ч в день.

Следующий этап: разработка рабочей программы.

За относительно небольшой промежуток времени мир значительно продвинулся в технологиях видео.

Курс по выбору «Специалист по видеомонтажу» ориентирует учащихся на использование полученных знаний в создании рекламной продукции, для визуализации научных и прикладных исследований в различных областях знаний. Созданный видеофильм может быть использован в докладе, мультимедиа-презентации, размещен на веб-странице. Знания и умения, приобретенные в результате освоения курса «Специалист по видеомонтажу», являются фундаментом для дальнейшего совершенствования мастерства в области трехмерного моделирования, анимации, видеомонтажа, создания систем виртуальной реальности.

Отличительной особенностью курса является использование в образовательном процессе новейших информационных и телекоммуникационных технологий, с использованием компьютерного оборудования, компьютерных сетей, мультимедиа системах, позволяющих осуществлять контролируемую самостоятельную работу обучающегося. По окончании курса обучающиеся проходят итоговую аттестацию, в которой должны самостоятельно создать видеоролик.

Разработка учебно-тематического плана программы повышения квалификации «Специалист по видеомонтажу» требует тщательного изучения и подбор ПС, а также определения актуальности выбранной темы и осознанного понимания того, что необходимо для разработки программы повышения квалификации.

Содержание программы:

### **Раздел 1. Введение в технологию видеомонтажа.**

*Тема 1. Обзор видеороликов (3 ч).*

Существует несколько видов видеороликов. Каждый из видов имеет свою структуру, преимущества и недостатки, которые следует учитывать при создании видеоролика. Для каждого вида существует свой определенный контент. В этой теме описаны основные виды и типы видеороликов.

*Тема 2. Обзор видеоредакторов (2 ч).*

Выбор подходящего видеоредактора очень важная вещь. Чтобы выбрать лучший редактор, необходимо выявить достоинства и недостатки всех видеоредакторов. В этой теме рассматриваются различные видеоредакторы, а также их плюсы и минусы.

*Тема 3. Изучение структуры видеоролика (2,5 ч).*

Существует огромное множество структур видеороликов. Автор видеоролика сам выбирает по какому пути ему идти, но несмотря на это, для успешного создания существует универсальная структура. В данной теме рассматривается структура видеоролика.

**Раздел 2. Алгоритм создания видеоролика (42,5 ч).**

*Тема 1. Создание сценария для видео (1,5 ч).*

Чтобы создать сценарий для видеоролика, необходимо подготовить идею, составить структуру сценария, продумать персонажей, распределить роли, раскадровать видео, подкорректировать полученный результат. В данной главе подробно рассматриваются компоненты сценария для его создания.

*Тема 2. Выбор оборудования для создания видео (3 ч).*

Правильно выбрать оборудования невозможно без знания его конструктивных особенностей. Для съёмки видеоролика был выбран Смартфон Apple iPhone 6 Plus, потому что основными характеристиками смартфона являются отличные характеристики камеры 8 Мп с размером пикселя 1,5 мкм, оптической стабилизацией и диафрагмой  $f/2,2$  (съёмка видео Full HD 30 или 60 к/с) и 1,2 Мп с диафрагмой  $f/2,2$  (съёмка видео – 720 p). В этой теме рассмотрены критерии выбора оборудования, основные характеристики. Также приведен список лучших устройств для изготовления графического материала для будущего видео.

*Тема 3. Организация съёмки (4,5 ч).*

Видеосъёмка требует тщательного планирования и до мелочей продуманного подхода. Верная организация съёмок и доскональная проработка их плана позволяют сократить время съёмочного процесса до минимума. При планировании съёмок важным моментом является обеспечение их бесперебойности и исключение простоев группы. В этой теме рассмотрена организация съёмки.

*Тема 4. Организация озвучки (10,5 ч).*

Существует огромное количество программ для озвучивания видеоролика. В первую очередь необходимо распределить текст по кадрам, после чего начать запись звука. В данной теме на примере видеоредактора AVS Video Editor показан алгоритм организации озвучки.

*Тема 5. Изготовление графического материала для видео (4,5 ч).*

Чтобы ваши видео были качественными и интересными, не обязательно заканчивать курсы монтажа или операторской работы. Дос-

таточно помнить о базовых приемах и правилах съемки. В данной теме рассказаны правила ведения видеосъемки.

*Тема 6. Сведение видео (монтаж) (6,5 ч).*

При сведении видео также необходимо прибегать к определенным правилам. Существует множество видов дефектов при монтаже видео и у каждого из них свой способ исправления. В этой теме рассмотрены правила сведения видео.

В ходе проделанной работы, были выполнены все поставленные цели и задачи, связанные с разработкой учебно-тематического плана и рабочей программы.

При выполнении работы были поставлены следующие задачи, которые были выполнены. А именно:

1. создать УТП;
2. разработать рабочую программу;
3. разработать учебное пособие.

Таким образом, пришли к следующим результатам:

1. Разработан УТП программы повышения квалификации «Специалист по видеомонтажу» общей трудоемкостью 50 часов.

2. Разработана рабочая программа курса «Специалист по видеомонтажу», содержащей 2 раздела: в первом разделе – три темы: обзор видеороликов, обзор видеоредакторов, изучение структуры видеоролика общей трудоемкостью 7,5 ч; второй раздел включает в себя 6 тем: создание сценария для видео, выбор оборудования для создания видео, организация съемки, организация озвучки, изготовление графического материала для видео, сведение видео (монтаж) общей трудоемкостью 42,5 ч.

3. Разработано учебное пособие «Видеомонтаж» по курсу «Специалист по видеомонтажу», состоящий из 52 страниц.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. AVS Video Editor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.softportal.com/software-20851-avs-video-editor.html> (дата обращения: 07.03.2018).

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ МСФО И РСБУ**

***О.И. Черкасова, студентка***

*Научный руководитель В.В. Ульященко, доцент, к.э.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, [lesya-cherkasova@mail.ru](mailto:lesya-cherkasova@mail.ru),*

*[Bisquit03@gmail.ru](mailto:Bisquit03@gmail.ru)*

В современном мире слово «бизнес» знакомо каждому человеку. Бизнес играет большую роль в экономике страны, региона, города. Это сложная, многогранная система, имеющая большое количество

составляющих (трудовые ресурсы, маркетинг, продукт, продажи и т.д.). Все эти компоненты находят отражение в финансовой отчетности – «крови» бизнеса. Финансовая отчетность необходима всем, начиная от руководителя и собственника капитала, заканчивая инвесторами и кредиторами. Налоговая требует отчет для налогового контроля, инвесторы хотят убедиться, что компания осознанно идет на риск, с целью получения прибыли, а не провала, кредиторам важно, что заемщик вовремя сможет отдать денежные средства с процентами, руководитель должен убедиться, что эффективно управляет фирмой и правильно принимает управленческие решения, собственнику важно знать, что компания идет на прибыль, а не убыток.

Далеко не все компании становятся успешными, большинство ликвидируются. По статистике число ликвидируемых предприятий составляет 51 в год, больше таких лишь у стран СНГ. Основной причиной является неграмотное ведение бизнеса и нехватка финансирования.

В России большинство компаний пользуются российской системой бухгалтерского учета (РСБУ). Данная система в основном направлена на формальное исполнение требований законодательства, для фискальных органов, органов государственного управления и статистики. МСФО направлена на привлечение инвесторов и финансовых институтов. Данная система несет в себе прозрачную информативность, так как в ней выражено больше показателей. Таковую систему используют очень малая доля предприятий в России, в основном те, кто работает с иностранными партнерами. Такая финансовая отчетность требует более высокой квалификации (в России большинство бухгалтеров не имеют данного опыта и привыкли работать по обычным русским стандартам).

Так какая же система лучше – МСФО или РСБУ? Первым отличием заключается во временных рамках. Российская система имеет определенные сроки – отчетность формируется за год, в МСФО же период составляет 52 дня, что позволяет вовремя принять решения, если прибыль пошла на убыль. В российской системе есть определенный план, которому финансисты должны следовать, международная – позволяет разрабатывать собственный план счетов, опираясь на специфику, отрасль работы и детализацию учетной информации. В РСБУ разрешен отчет о движении денежных средств (ДДС) лишь прямым способом, что является более трудоемкой работой, требующей большого объема бухгалтерских документов [2]. МСФО допускает как прямой, так и косвенный метод составления данного отчета. Такой метод позволяет выявить как одна область деятельности фирмы, воздейству-

ет на другую, а также зависимость чистой прибыли от корректировок в структуре оборотного капитала [2]. Важнейшим преимуществом МСФО является отражение затрат. Они отражаются в том же периоде, что и соответствующие доходы. РСБУ может отражать затраты только после того, как проверятся другие статьи отчетности, что может привести к неточным данным [1]. Ну и «прозрачность». В МСФО все статьи расписаны более подробно и имеют более информативный характер.

Сравнив обе системы сложно сказать, что одна лучше другой. У каждой есть свои плюсы и минусы. Международная система подходит большим организациям, с большой структурой, где нужен более подробный отчет, сравнение всех отраслей и спецификаций. Такой вид отчетности подходит организациям, которые хотят привлечь новых инвесторов. РСБУ подходит мелким предприятиям, где результаты финансово-хозяйственной деятельности понятны без более подробного раскрытия. Это более дешевый способ ведения отчетности. Умение вести обе формы отчетности делает специалиста более востребованным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аверченков И.В., Русакова А.С. Методические материалы по курсу Финансовый менеджмент и финансовый анализ. – С. 27–35.
2. Бухгалтерская (финансовая) отчетность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://time-to-study.ru/pages/pbu/statement.html> (дата обращения: 14.03.2018).

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

*А.В. Гребенюк, магистрант*

*Научный руководитель А.Н. Дементьев, доцент, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф.ТУ, det@tu.tusur.ru*

Проблема обеспечения безопасности всегда являлась очень важной. Статистика показывает, что в последние годы увеличилось количество несанкционированных действий на сотрудников финансовых структур.

В связи с этим стал вопрос о повышении уровня безопасности сотрудников. На данных предприятиях используются комбинированные средства охраны (СО). Эти средства используют два и более различных физических принципа обнаружения для выработки общего сигнала срабатывания. Основное назначение комбинированного СО состоит в снижении вероятности ложных срабатываний (по сравнению с

показателями отдельных СО) за счет более полного учета поступающей информации.

Комбинированные СО отличает ряд достоинств высокая помехоустойчивость алгоритмов, требующих подтверждения срабатывания одного СО информацией от других СО. Размещение двух или более датчиков в одном корпусе, благодаря этому стоимость комбинированного СО меньше стоимости отдельных СО входящих в его состав.

Комбинированные СО не лишены некоторых недостатков: зоны обнаружения нескольких СО не всегда удается удачно совместить; возможны сложности при установке комбинированного СО; зоны обнаружения всех составных частей необходимо согласовать между собой [1].

Для исследования была взята тревожная кнопка «Астра321».

Было установлено, что время наработки на отказ составляет 60 тыс. ч, но есть вероятность что данная кнопка может выйти из строя по нескольким помеховым факторам.

- Напряжение питания.
- Размер зоны обнаружения.
- Чувствительность.
- Вероятность обнаружения.
- Время наработки на ложное срабатывание.
- Отказ шлейфа тревожной кнопки.

Устройство контроля тревожной сигнализации предназначено для контроля шлейфа и оборудования тревожной сигнализации, состояния ригеля замка (открыт/закрыт) в двери служебного помещения, что позволяет повысить безопасность сотрудников от несанкционированных действий и террористических угроз.

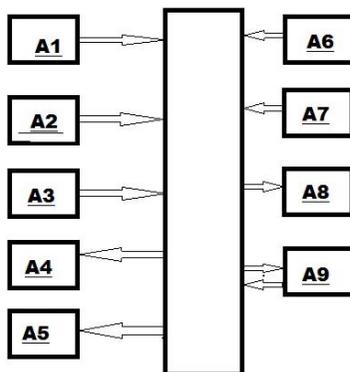


Рис. 1. Функциональная схема устройства

- A1 – Часы реального времени.
- A2 – Вход ПЦН с гальванической развязкой.
- A3 – Вход тревожной сигнализации и гальванической развязкой.
- A4 – Выход «Соната».
- A5 – Выход на ПЦН с гальванической развязкой.
- A6 – +12 В.
- A7 – Сброс (стоп).
- A8 – Индикация.
- A9 – RS485.



Рис. 2. Лабораторный макет охранной сигнализации с УКТС

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Магауенов Р.Г. Системы охранной сигнализации основы теории и принципы построения. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004.

### **ОЦЕНКА КонтРАСТНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЮЩИХ КАМЕР С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ IMATEST**

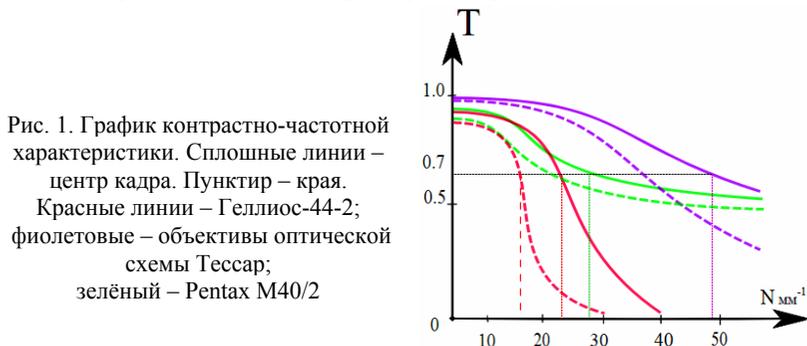
*А.А. Ишмухамбетова, А.М. Айткалиева,  
А.А. Сангилбаев, магистранты*

*Научный руководитель В.А. Шалимов, профессор каф. ТУ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, TOP, aika\_1994\_vko@mail.ru*

Цель данной работы – сравнение изображений контрастно-частотной характеристики телевизионных передающих камер в программном обеспечении Imatest.

Цифровые технологии всё шире используются в современных видеоинформационных системах и совместно с интегральными технологиями привели к созданию телевизионных стандартов, которые в настоящее время переходят от HD к 4K, 8K [1].

Частотно-контрастная характеристика (ЧКХ) – признанный критерий оценки качества формирования как оптического изображения, так и преобразователей свет-сигнал. Частотно-контрастная характеристика описывает, как меняется контрастность изображения в зависимости от частоты. Пространственная частота выражена в единицах линий (штрихов) на миллиметр (штр./мм) (рис. 1) [2].



Многочисленные фирмы выпускающие телевизионные камеры стандарта HD (4K) в своей технической документации на эти камеры не всегда представляют контрастно-частотные и другие характеристики и параметры, необходимые разработчикам телевизионно-вычислительных систем, в частности по величине контраста и разрешающей способности [1].

Стандартные методы измерения величин контраста и разрешающей способности и даже современные испытательные таблицы не всегда позволяют оценить эти параметры, например, при методе измерения контрастно-частотной характеристики с помощью гармонического анализа погрешность измерения составляет 12%, а недостатком программного обеспечения Borland Delphi 7.0 является малая точность из-за сильного влияния шумов устройства отображения информации и системы видеозахвата [3].

Программное обеспечение Imatest является самым универсальным инструментом для телевизионных измерений и позволяет объективно измерять контрастно-частотную характеристику.

Для проведения эксперимента используется испытательная таблица ISO 12233 (рис. 2), предназначенная для измерения контрастно-частотных характеристик (КЧХ).

На рис. 3 изображена структурная схема для испытания телевизионных передающих камер с использованием программного обеспечения Imatest. Камера фиксирует эталонное изображение с монитора

высокого разрешения, которое поступает на ПК для обработки в программе Imatest, на осциллограф и на контрольный монитор.

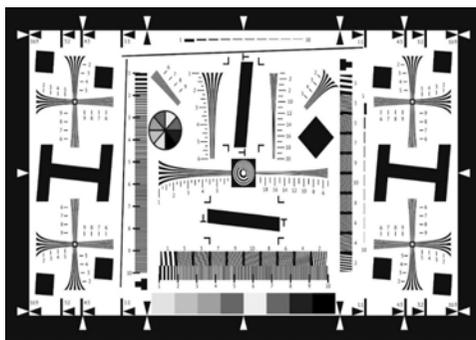


Рис. 2. Испытательная таблица ISO 12233



Рис. 3. Структура схема используемого устройства

В итоге даже испытательная таблица ISO 12233 не позволяет количественно оценить величину контраста изображения для малоразмерных объектов, поэтому требуется разработка новых методов и устройств для исправления этого недостатка. По этой причине с использованием программного обеспечения Imatest мы решаем эту проблему, так как получаем количественную величину контрастно-частотной характеристики (рис. 4, 5), которая в свою очередь по сравнению с альтернативными методами имеет очень низкую погрешность менее 3%.

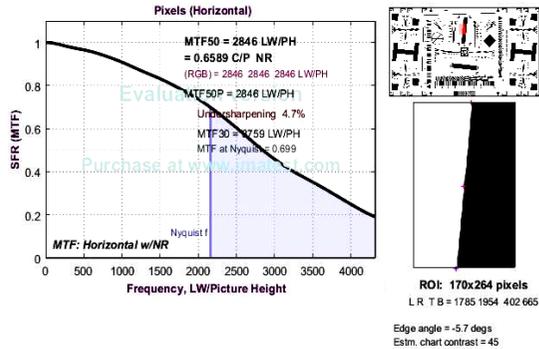


Рис. 4. График контрастно-частотной характеристики эталонного изображения

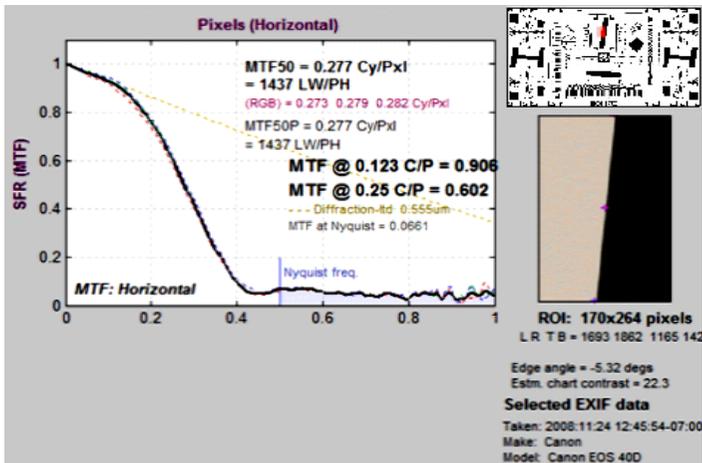


Рис. 5. График контрастно-частотной характеристики изображения с камеры Canon EOS 400[4]

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айткалиева А.М., Сангилбаев А.А., Ишмухамбетова А.А., Шалимов В.А. Методические указания к лабораторной работе «Метод измерения контрастно-частотных характеристик телевизионных передающих камер» // Современные педагогические технологии при реализации программ магистратуры и подготовки кадров высшей квалификации: Матер. 19-й Междунар. науч.-метод. конф., 1–2 февр. 2018 г. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2018. – С. 67–68.
2. Кривошеев М.И. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы: учебник. – 2001. – 574 с.
3. <http://jre.cplire.ru/jre/library/3conference/pdf/files/s006.pdf>
4. Imatest Documentation by Norman Koren. – 2009. – 451 p. – <http://www.imatest.com/docs/Imatest%20Documentation.pdf>

**РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА  
ПРОГРАММЫ ДПО «3D-СКАНИРОВАНИЕ.  
ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОСЛЕ СКАНИРОВАНИЯ»**

***Е.В. Иванова, О.Д. Ильина, А.О. Тамарова, студентки***

*Научный руководитель В.А. Семглазов, доцент  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, ivanovaliza19972911@gmail.com,  
olesya.ilina.97@mail.ru, Tamarovanas97@mail.ru  
Проект ГПО ТУ-1701 «Информационный сервис  
в сфере образования»*

Технология трехмерного сканирования появилась всего несколько десятилетий назад, в конце XX в. Первый работающий прототип появился в 60-х годах XX в. Конечно, тогда он не мог похвастаться широким спектром возможностей, однако это был настоящий 3D-сканер, неплохо справляющийся с основной функцией.

В середине 1980-х годов сканирующие устройства усовершенствовались. Их начали дополнять лазерами, источниками белого света и затемнения. Благодаря этому удалось улучшить «захват» исследуемых объектов. В этот период появляются контактные датчики. С их помощью оцифровывалась поверхность твердых предметов, которые не отличались сложной формой. Чтобы усовершенствовать оборудование, разработчикам пришлось позаимствовать ряд оптических технологий из военной промышленности.

Применение 3D-сканеров было интересно не только конструкторам дизайн-студий, автомобильных концернов, но и работникам киноиндустрии. В 1980-х – 2000-х годах разные компании выпускали свои модели оборудования: Head Scanner, 3D-сканер REPLICA и другие. С тех времен агрегаты изменились, усовершенствовались, стали более мобильными и функциональными. Характеристики 3D-сканера сегодня существенно отличаются.

Организация учебного процесса обеспечивает возможность обучающимся делать собственные логические выводы, адаптировать содержание к собственной практике и апробировать полученные умения при выполнении практических заданий.

Задачи данного проекта:

- подбор профессиональных и федеральных государственных образовательных стандартов;
- составление учебного пособия;
- составление учебно-тематического плана;
- приобретение практических навыков 3D-сканирования.

Практическая значимость проекта заключается в том, что по результатам данной проекта была создана программа повышения ква-

лификации по 3D-сканированию и обработке изображений после сканирования.

Трехмерное сканирование или 3D-сканирование (моделирование) представляет собой процесс автоматизированного создания трехмерных математических моделей реальных объектов по результатам измерения координат точек поверхностей различных объектов. Трехмерное лазерное сканирование используется в различных отраслях техники и с разными целями [1].

Целью данного проекта является разработка учебно-тематического плана и учебного пособия для курса «3D-сканирование. Обработка изображений после сканирования», получение слушателем необходимых теоретических, а также практических знаний, умений и навыков в области 3D-сканирования.

Актуальность проекта заключается в том, что для подготовки по профилю 3D-сканирование существует очень мало курсов. Данный курс поможет слушателям изучить теоретические аспекты и применить все полученные знания на практике.

Разработка программы осуществлялась в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами и профессиональными стандартами.

Содержание программы:

### **Раздел 1. Обзор технологий и сфера применения.**

*Тема 1.* Технологии трехмерного сканирования и сферы применения (3 ч).

Существует несколько методов 3D-сканирования. У каждого метода есть свои особенности, в процессе работы это необходимо учитывать. Также существуют разные технологии 3D-сканирования. 3D-сканирование применяется в самых разных сферах жизни человека.

### **Раздел 2. 3D-сканирование.**

*Тема 1.* Калибровка сканера (7 ч).

В материалах темы рассматриваются подготовительные действия перед сканированием – запуск приложения и проведение калибровки оборудования.

*Тема 2.* Вспомогательное оборудование и материалы (1,2 ч).

Перед тем как приступить непосредственно к сканированию объект нужно подготовить. Для этого некоторые модели приходится обработать специальными проявителями.

*Тема 3.* Процесс сканирования (5,8 ч).

В пособии этой темы рассматривается непосредственно сам процесс сканирования объекта, все нюансы работы с программным обеспечением 3D-сканера.

### **Раздел 3. Программная обработка результатов сканирования.**

*Тема 1.* Программная обработка результатов сканирования с помощью Geomagic (8 ч).

Чаще всего отсканирована модель имеет какие-либо недостатки, работая в программе Geomagic их можно устранить путем сглаживания; метод «мостов» и т.д.

### **Раздел 4. Проверка и исправление моделей на ошибки.**

*Тема 1* Проверка и исправление ошибок с помощью программы Netfabb (3 ч).

В материалах темы рассказывается как в программе Netfabb можно «лечить» модели, представлен алгоритм работы в программе Netfabb.

Итого 28 ч.

В процессе выполнения данного проекта были выполнены и решены основные задачи, которые были поставлены в начале исследования.

1. Программа разработана в соответствии с профессиональным стандартом «Специалист по тестированию в области информационных технологий области информационных технологий» и «Специалист по информационным системам», федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по направлению подготовки «Оптотехника», «Лазерная техника и лазерные технологии», «Информационные системы и технологии» и «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

2. Разработан учебно-тематический план программы «3D-сканирование. Обработка изображений после сканирования». Трудоемкость составляет 28 ч.

3. Разработана рабочая программа курса «3D-сканирование. Обработка изображений после сканирования», содержащая 4 основные темы на 20 аудиторных часов.

4. Разработано учебное пособие по курсу на 48 страниц.

В итоге, благодаря учебному пособию могут быть обучены многие специалисты, тем самым они расширят спектр своей профессиональной востребованности в самой обширной на сегодняшний день сфере, также данное учебное пособие может быть реализовано в рамках обучающей программы на очень выгодных условиях.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Задачи, методы и технические средства 3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.top-technologies.ru> (дата обращения: 10.03.2018).

## ИЗУЧЕНИЕ РЕКУРСИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ИХ СВОЙСТВ

*Д.Е. Головина, магистрант; А.В. Каменский, аспирант  
Научный руководитель М.И. Курячий, к.т.н., с.н.с., доцент  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, dashagolovina1994@mail.ru*

Целью данной работы является изучение рекурсивных алгоритмов обработки изображений заснятых в сложных условиях видимости, которые затрудняют получение изображения высокого качества. Рассмотренные в работе алгоритмы будут использованы в дальнейших научных изысканиях направленных на оптимизацию рекурсивных алгоритмов повышения качества изображения.

**Рекурсия** – определение, описание изображения какого-либо объекта или процесса внутри самого этого объекта или процесса, то есть ситуация, когда объект является частью самого себя.

Рекурсивно волновое сжатие – wavelet сжатие – это сжатие с использованием всплесков. Самая простая идея алгоритма заключается в том, чтобы сохранять в файл разницу – число между средними значениями соседних блоков в изображении, которые обычно принимают значения близкие к нулю. Данное преобразование можно применять последовательно несколько раз к результатам предыдущего преобразования. Основная идея вейвлет преобразования сигнала состоит в иерархическом разложении входного сигнала на последовательности так называемых базовых компонент с последовательно уменьшающимся разрежением и связанных с ними компонент деталей. На каждом уровне разложения базовая компонента и компонента деталей содержат информацию, необходимую для восстановления базового сигнала на следующем уровне более с высоким разрешением [1, 2].

Для реализации рекурсивных алгоритмов в среде Matlab были получены изображения, отснятые на активно-импульсную телевизионно-вычислительную систему. Изображения были получены в ходе проведения испытаний в большой аэрозольной камере, где имитировались погодные условия, затрудняющие видимость камеры, а именно имитация тумана с помощью водно-глицериновой смеси и дым получаемый при помощи сжигания различных брусков дерева [3].

Для улучшения качества изображения используется контрастирование с гамма – коррекцией.

Также можно увеличить контраст изображения с помощью поиска границ повышения контраста на изображении.

В данной работе были изучены рекурсивные алгоритмы повышения качества изображения, а именно использование фильтра контра-

стности. Обработав изображения, видно, контрастность изображения увеличивается, даже, если изображение отснято в условиях плохой видимости.

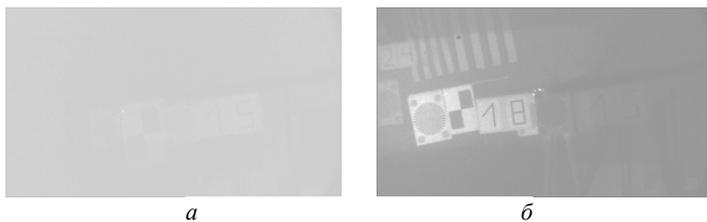


Рис. 1. Исходное изображение:  $a$  – в дыму;  $b$  – в тумане

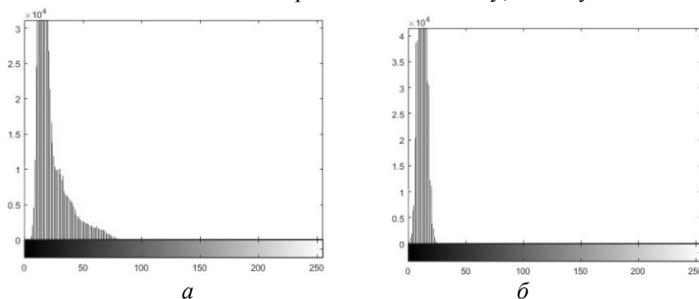


Рис. 2. Гистограммы исходного изображения:  $a$  – в дыму;  $b$  – в тумане

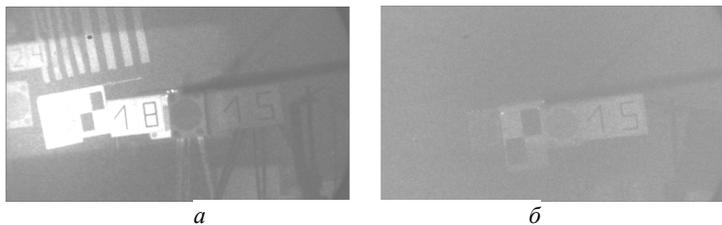


Рис. 3. Изображение обработанное контрастированием с гамма-коррекцией:  $a$  – в дыму;  $b$  – в тумане

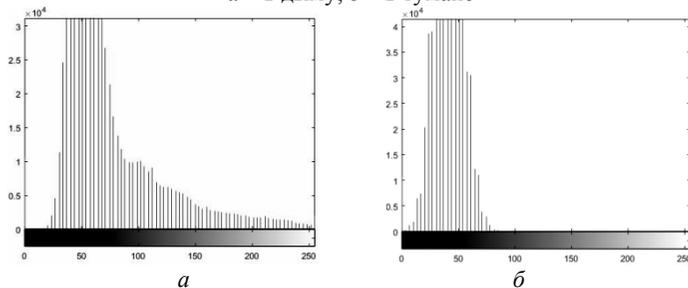


Рис. 4. Гистограммы обработанного изображения:  $a$  – в дыму;  $b$  – в тумане

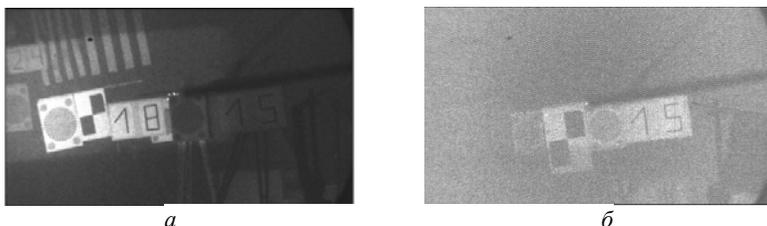


Рис. 5. Поиск границ повышения контраста на изображении:  
*a* – в дыму; *б* – в тумане

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рекурсия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 3.03.18).
2. Обработка сигналов и изображений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book3/index.php> (дата обращения: 29.11.17).
3. Каменский А.В., Капустин В.В. Повышение четкости изображений активно-импульсных телевизионно-вычислительных систем с использованием алгоритмов двумерной апертурной коррекции // Электронные средства и системы управления: XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 55-летию ТУСУРа. – Томск, 29 ноября – 1 декабря 2017 г. – Томск: В-Спектр, 2017: В 2 ч. – Ч. 2. – С. 125–128.

### РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРОГРАММЫ ДПО «CRM-СИСТЕМА В РАБОТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ СЕРВИСА»

*А.С. Валова, Л.Ю. Котовщицова, студентки*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент каф. ТУ  
 г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, [kotovshchikovalubov@gmail.com](mailto:kotovshchikovalubov@gmail.com),  
[valovaanastasiyas@yandex.ru](mailto:valovaanastasiyas@yandex.ru)*

*Проект ТУ-1701 «Разработка учебно-тематического плана  
 программы ДПО «CRM-система в работе предприятия сервиса»*

В век бурной компьютеризации широко распространена автоматизацией процессов ведения бизнеса. Многие компании для привлечения покупателей стремятся улучшить качественные показатели деятельности, в том числе и работу с клиентами, уровень сервиса, что является областью CRM-систем.

Практическая значимость – по результатам работы создана программа Дополнительного профессионального образования (ДПО), обучающая работе с CRM-системой.

Цель выполнения проекта – составление программы повышения квалификации «CRM-система в работе предприятия сервиса».

При выполнении проекта ставятся следующие задачи:

- Составление карты соответствия компетенций Федеральных Государственных Образовательных стандартов (ФГОС) и Профессиональных стандартов (ПС).
- Заполнение учебно-тематического плана (УТП).
- Создание учебного пособия «CRM-система в работе предприятия сервиса».

Система управления взаимоотношениями с клиентами (CRM-система) – это прикладное программное обеспечение для организаций, предназначенное для автоматизации стратегий взаимодействия с клиентами, в частности для повышения уровня продаж, оптимизации маркетинга и улучшения обслуживания клиентов путём сохранения информации о клиентах и истории взаимоотношений с ними, установления и улучшения бизнес-процессов и последующего анализа результатов [1].

Программа повышения квалификации «CRM-система в работе предприятия сервиса» обучает работе с CRM-системами на примере Битрикс24. В рамках программы рассматриваются основные функции CRM-системы, методы взаимодействия с клиентами и сотрудниками организации.

Актуальность программы заключается в рассмотрении современного метода взаимодействия с клиентами, что имеет важное значение как для руководителей организации разных уровней, так и для работников.

Программа разработана в соответствии с Профессиональными стандартами и Федеральными государственными образовательными стандартами [2].

Содержание программы приведено ниже, в скобках указано общее количество аудиторных часов.

### **Раздел 1. Введение в курс (2 ч).**

*Тема 1. Понятие и роль CRM на предприятии (1 ч).*

Определение CRM-системы, задачи, цели, преимущества использования.

*Тема 2. Обзор Битрикс24 (1 ч).*

Описание CRM-системы Битрикс 24, преимущества.

### **Раздел 2. Работа с CRM (17 ч).**

*Тема 1. Задачи (2 ч).*

Работа в разделе «Задачи». Описание функций задач, ответственный, сроки выполнения, состояние, чек-лист, сортировка задач.

*Тема 2.* Чат и звонки (0,5 ч).

Чат один на один, открытый чат, закрытый чат, функции сообщений чата.

*Тема 3.* Календарь (0,5 ч).

Синхронизация календарей, задачи, события.

*Тема 4.* Раздел CRM (6 ч).

Лиды, способы обработки лидов, статус лида, конвертация лида, контакты, добавление нового контакта, компания, сделки, форма создания новой сделки, счета, создание счета, предложения.

*Тема 5.* Открытые линии (1 ч).

Открытые линии – инструмент общения с клиентами, подключение открытых линий, настройки.

*Тема 6.* Виджет на сайт (1 ч).

Виджет на сайт, форма обратной связи.

*Тема 7.* CRM в мобильном приложении (1 ч).

Мобильное приложение, авторизация, разделы, работа в мобильном приложении.

*Тема 8.* Телефония, интеграция с телефонными сервисами (2 ч).

Телефония, аренда номера, подключение АТС, привязка номера.

*Тема 9.* Дополнительные плагины (1 ч).

Дополнительные плагины, установка приложений.

*Тема 10.* Структура компании (1 ч).

Структура компании, отделы, подразделения, перевод сотрудника.

*Тема 11.* Работа с диском (1 ч).

Состояние диска, способы освобождения места на диске, восстановление файлов, интеграция с Office365.

В результате работы над проектом был разработан учебно-тематический план программы «CRM-система в работе предприятия сервиса» общей трудоёмкостью 32 ч, включая самостоятельную работу слушателей. Также были разработаны способы проверки знаний, полученных в ходе изучения курса: после каждой темы происходит контроль качества усвоения программы в форме теста.

Разработана рабочая программа курса «CRM-система в работе предприятия сервиса», содержащая 13 тем на 19 аудиторных часов.

Разработано учебное пособие «CRM-система в работе предприятия сервиса» на 87 страниц. В пособии рассмотрены понятие CRM-системы, описаны функции, цели и задачи CRM-системы в организации; приведено описание организации памяти и процесса управления CRM-системой, а также уделено внимание каждому разделу CRM. В пособии дается набор практических инструментов для работы с функциями CRM-системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия: Система управления взаимоотношениями с клиентами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Система\\_управления\\_взаимоотношениями\\_с\\_клиентами](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_управления_взаимоотношениями_с_клиентами) (дата обращения: 26.02.2018).
2. Каганов В.Ш. методические рекомендации-разъяснения по разработке ДПО на основе ПС. – М., 2015. – 26 с.

## РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ УЧАСТИЯ В ТЕНДЕРАХ

*Е.В. Смык, К.А. Козлова, студентки*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент, к.т.н*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, [franom@mail.ru](mailto:franom@mail.ru)*

*Проект ГПО ТУ-1701 «Информационный сервис в сфере  
образования»*

Многочисленные фирмы, благополучно проработавшие на рынке определенное время, начинают ощущать потребность в расширении. Путей расширения современная экономика предоставляет целое множество. Один из них – участие в тендерах. Тендер – это конкурс, который позволяет покупателю заключать контракт на поставку чего-либо на самых выгодных условиях.

Программа повышения квалификации «подготовка документации для участия в тендерах» знакомит слушателя с основными аспектами при оформлении и подготовки документации, необходимой для участия в тендерах.

Программа разработана в соответствии с профессиональными стандартами: «Специалист в сфере закупок» и «Специалист по организационному и документационному обеспечению управления организацией».

Цель реализации программы – получение всеми слушателями необходимых знаний и умений в области оформления и подготовки необходимой документации для участия в тендерах.

Перед нами были поставлены следующие задачи:

– подбор необходимых знаний и умений из профессиональных стандартов «Специалист в сфере закупок» и «Специалист по организационному и документационному обеспечению управления организацией» для программ дополнительного профессионального образования;

– написание учебного пособия;

– заполнение учебно-тематического плана.

Планируемые результаты обучения: в результате освоения программы повышения квалификации слушатель должен приобрести и сформировать следующие профессиональные компетенции в соответствии с трудовыми функциями, прописанными в соответствующих профессиональных стандартах, выполнять следующие трудовые действия, а также обладать определенными знаниями и умениями (табл.).

**ПС «Специалист в сфере закупок»**

Трудовые действия	Знать	Уметь
Формирование начальной (максимальной) цены закупки	Требования законодательства Российской Федерации и нормативных правовых актов, регулирующих деятельность в сфере закупок. Основы гражданского, бюджетного, земельного, трудового и административного законодательства в части применения к закупкам. Основы антимонопольного законодательства. Основы бухгалтерского учета в части применения к закупкам. Особенности составления закупочной документации. Методы определения и обоснования начальных (максимальных) цен контракта.	Использовать вычислительную и иную вспомогательную технику. Обосновывать начальную (максимальную) цену закупки. Описывать объект закупки. Разрабатывать закупочную документацию. Работать в единой информационной системе. Взаимодействовать с закупочными комиссиями и технически обеспечивать деятельность закупочных комиссий
Формирование описания объекта закупки		
Формирование требований, предъявляемых к участнику закупки		
Формирование проекта контракта		
Составление закупочной документации		
Подготовка и публичное размещение извещения об осуществлении закупки, документации о закупках	Основы информатики в части применения к закупкам. Этика делового общения и правила ведения переговоров. Требования охраны труда	Анализировать поступившие заявки. Оценивать результаты и подводить итоги закупочной процедуры

Программа повышения квалификации направлена на следующую категорию слушателей: педагогические работники и руководители (заместители руководителей, руководители структурных подразделений) профессиональных образовательных организаций, средних образовательных школ, организаций дополнительного образования, реализующих дополнительные и основные профессиональные программы, имеющие и/или получающие среднее профессиональное или высшее образование, работники коммерческих предприятий в сфере 3D-технологий.

В процессе выполнения группового проекта были решены основные задачи, которые были поставлены в начале исследования:

– подобраны необходимые знания и умения из профессиональных стандартов «Специалист в сфере закупок» и «Специалист по организационному и документационному обеспечению управления организацией» для программ дополнительного профессионального образования;

– написано учебное пособие по курсу на 42 страницы;

– разработана рабочая программа, содержащая 6 тем на 24 аудиторных часа;

– разработано учебно-тематическое пособие общей трудоемкостью 37 ч с формами контроля для проверки полученных знаний.

В конечном итоге, на базе данного учебного пособия могут быть обучены многие специалисты, тем самым они расширят спектр своей профессиональной востребованности в самой обширной на сегодняшний день сфере, также данное учебное пособие может быть реализовано в рамках обучающей программы на очень выгодных условиях.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Государственные и муниципальные закупки – 2017 / Сборник докладов XII Всерос. практ. конф.-семинара. – М.: Изд-во ООО «Компания Ладья», 2017. – 336 с.

2. Храшкин А.А. Настольная книга госзаказчика / А.А. Храшкин, О.М. Воробьева, А.Н. Евстащенко и др.; отв. ред. А.А. Храшкин. – 10-е изд., доп. – М.: ИД «Юриспруденция», 2015. – 576 с.

3. Храшкин А.А. Противодействие коррупции в госзакупках. – 2-е изд., доп. – М.: ИД «Юриспруденция», 2011. – 152 с.

### **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ШКОЛЫ БЛОГГЕРСТВА ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ В ГОРОДЕ ТОМСК**

***В.Е. Кяжина, О.С. Трушкина, студентки***

*Научный руководитель А.Э. Лебедева, ст. преп. каф. ТУ*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, vika-24.06.97@mail.ru,*

*lesyatrushkina@gmail.com*

*Проект ТУ-1703 «Организация исследования и разработка методов маркетинговой деятельности сервисного предприятия»*

Зрительская аудитория канала (хостинга) YouTube – больше миллиарда человек. Это почти треть всех пользователей интернета на планете. Даже самый популярный в мире телеканал во времена расцвета телевидения не мог похвастаться таким количеством зрителей.

Видеоблоги превратились из хобби в работу, «миллионники» зарабатывают солидные деньги: от сотен тысяч до миллионов рублей в месяц.

Именно поэтому возрастает потребность в специализированных школах/курсах, где готовят профессиональных блоггеров, которые сразу после обучения имеют все возможности получать высокий доход от видеоблоггинга.

Цель выполнения проекта – оценка возможности реализации школы блоггерства для абитуриентов в городе Томск.

При выполнении проекта ставятся следующие задачи:

- проанализировать роль телевидения в жизни современной российской молодежи;
- изучить блоггерство как явление;
- провести сравнительный анализ интереса молодежи к телевидению и интернет-телевидению;
- проанализировать идею школы блоггерства как коммерческую идею;
- рассмотреть способы реализации школы блоггерства в городе Томск;
- произвести основные экономические расчеты планируемой школы.

Блог (англ. blog, от web-log – интернет-журнал событий, интернет-дневник, онлайн-дневник) – веб-сайт, основное содержимое которого – регулярно добавляемые записи, содержащие текст, изображения или мультимедиа [1].

Людей, ведущих блог, называют блоггерами. Совокупность всех блогов Сети принято называть блогосферой.

В ходе опроса блоггеров были выделены следующие функции блогов :

1. Коммуникативная функция.
2. Функция самопрезентации.
3. Функция развлечения.
4. Функция сплочения и удержания социальных связей.
5. Функция мемуаров.
6. Функция саморазвития, или рефлексии.
7. Психотерапевтическая функция.
8. Продвижение товаров и услуг.

В настоящее время очень популярным стало ведение блога на сайте YouTube.

YouTube (от англ. You «ты, вы» + tube «труба» = «телек» жарг. «телевизор») – видеохостинговая компания, предоставляющая пользователям услуги хранения, доставки и показа видео [2].

Ведущий блога или блоггер – это и профессия, и призвание, и весьма выгодное дело, если вам посчастливилось стать популярным блоггером.

Популярные блоги с посещаемостью от 300-500 человек в сутки имеют возможность заработать на контекстной рекламе, продаже ссылок, спонсорстве блога разными компаниями. Иногда блог ведет основатель, но случается – для ведения блога нанимается один или несколько авторов, которым за ведение блога платят деньги.

При выполнении данной работы было проведено собственное анкетирование жителей города Томск разного возраста и пола.

Результаты исследования аудитории медиа показывают сохранение двух главных тенденций. Во-первых, продолжает расти роль интернета как все более массового источника информации для всех слоёв и групп российского общества. Во-вторых, телевидение остаётся наиболее массовым и популярным видом СМИ.

Актуальность данной работы обусловлена повышенным интересом современной молодежи к интернет-телевидению и блоггерству как к способу заработка.

Если видеоблог – это способ получить прибыль, то для хорошего дохода должно быть большое количество подписчиков и видео должны пользоваться спросом. Данный вывод является основой зарождения школы блоггерства.

Коммерческий успех школы видеоблоггинга предсказуем. Ниже перечислены некоторые аспекты, которые влияют на рост показателей заинтересованности в профессии видеоблоггер:

- пассивный доход;
- высокая прибыль;
- интересный бизнес;
- релевантный проект.

Разработанный финансовый план подтверждает предположения, что предприятие сможет вполне успешно существовать с самого начального этапа своей работы. В дальнейшем число обучающихся будет увеличиваться и предприятие будет приносить значительно большую прибыль.

В ходе данной работы был проведен анализ роли телевидения в жизни молодежи, сравнительный анализ интереса молодежи к телевидению и интернет-телевидению, изучено блоггерство, а также была подробно рассмотрена идея создания школы блоггерства в Томске.

На основании проделанной работы, можно сделать вывод, что реализация школы блоггерства для абитуриентов в городе Томск вполне реальна и актуальна. В городе есть абитуриенты, заинтересованные обучением в данном направлении.

Помимо изучения актуальности создания был разработан финансовый план для первого года функционирования данной школы.

Анализируя полученные данные, стоит отметить, что идея является экономически выгодной и достаточно быстро окупаемой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия: Блог. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Блог> (дата обращения: 25.02.2018).
2. Википедия: YouTube. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/YouTube> (дата обращения: 26.02.2018).

### ЗАДАЧА ОБ ОПТИМАЛЬНОМ СМЕШИВАНИИ ЗЕМЛИ

*Т.Е. Лингевич, студентка*

*Научный руководитель В.А. Семглазов, доцент каф. ТУ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, [lovachka95@mail.ru](mailto:lovachka95@mail.ru)*

Важный класс оптимизационных задач составляют задачи о смесях. Такие задачи возникают при выборе наилучшего способа смешения исходных ингредиентов для получения смесей с заданными свойствами. Смесь должна иметь требуемые свойства, которые определяются количеством компонентов, входящих в состав исходных ингредиентов. Известны стоимостные характеристики ингредиентов и требуется получить несколько смесей для максимизации прибыли. Решим задачу при помощи поиска решения Excel.

Имеется 2 вида земли, в которых содержится 3 типа ингредиентов. Известно максимальное ограничение на количество сырья в день. Требуется определить такой состав смесей, чтобы каждый ингредиент содержался в них в необходимом количестве, обеспечивающем максимальную прибыль.

В табл. 1, представлены составы земли № 1 и состав земли № 2 на 1 т смеси.

Т а б л и ц а 1

**Состав земли на 1 т смеси**

№ 1					
	Расход сырья	Допуск	Цена сырья, руб.	Цена 1 состава земли, руб.	
Земля	800	775–850	300	700	x11
Вермикомпост	160	100–180	450		x12
Песок	40	20–40	250		x13
№2					
Земля	750	700–775	300	800	x21
Вермикомпост	200	176–250	450		x22
Песок	50	45–80	250		x23

Составим математическую модель задачи:

Целевая функция имеет вид:

$$(700-300)*x_{11} + (700-450)*x_{12} + (700-250)*x_{13} + (800-300)*x_{21} + (800-450)*x_{22} + (800-250)*x_{23} \rightarrow \max.$$

Ограничения на количество сырья в день (в кг):

$$x_{11} + x_{21} \leq 160\,000,$$

$$x_{12} + x_{22} \leq 30\,000,$$

$$x_{13} + x_{23} \leq 20\,000.$$

Ограничения, отражающие условия на допуск ингредиентов в

№ 1 смеси:

$$x_{11} \geq 0,775 (x_{11}+x_{12}+x_{13}),$$

$$x_{11} \leq 0,850 (x_{11}+x_{12}+x_{13}),$$

$$x_{12} \geq 0,1 (x_{11}+x_{12}+x_{13}),$$

$$x_{12} \leq 0,18 (x_{11}+x_{12}+x_{13}),$$

$$x_{13} \geq 0,02 (x_{11}+x_{12}+x_{13}),$$

$$x_{13} \leq 0,04 (x_{11}+x_{12}+x_{13}).$$

Ограничения, отражающие условия на допуск ингредиентов в

№ 2 смеси:

$$x_{21} \geq 0,7 (x_{21}+x_{22}+x_{23}),$$

$$x_{21} \leq 0,775 (x_{21}+x_{22}+x_{23}),$$

$$x_{22} \geq 0,176 (x_{21}+x_{22}+x_{23}),$$

$$x_{22} \leq 0,25 (x_{21}+x_{22}+x_{23}),$$

$$x_{23} \geq 0,045 (x_{21}+x_{22}+x_{23}),$$

$$x_{23} \leq 0,08 (x_{21}+x_{22}+x_{23}).$$

После решения, получаем результат (табл. 2):

Таблица 2

**Значения искомых переменных**

x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>	x <sub>13</sub>	x <sub>21</sub>	x <sub>22</sub>	x <sub>23</sub>
73259	9481	3447	86741	20519	9327

Целевая функция равна 88 907 339 р.

Складываем полученные значения переменных и находим процентное соотношение каждого из ингредиентов соответствующего состава.

Сумма x<sub>11</sub>–x<sub>13</sub> равна 86187 кг.

Сумма x<sub>21</sub>–x<sub>23</sub> равна 116587 кг.

Таким образом, для 1 т №1 и №2 состава земли оптимальным соотношением ингредиентов получаем:

$$x_{11} = 0,85,$$

$$x_{12} = 0,11,$$

$$x_{13} = 0,04,$$

$$x_{21} = 0,744,$$

$$x_{22} = 0,176,$$

$$x_{23} = 0,08.$$

В результате произведена оптимизация состава земли на предприятии с учетом всех параметров. Полученный результат сможет обеспечить работу предприятия с максимальной прибылью от продажи грунта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Семиглазов В.А. Компьютерное моделирование управленческих решений: учеб. пособие. – Томск: ТУСУР, 2017. – 59 с.

### КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕСТАВРАЦИИ МЕБЕЛИ

*В.Д. Маслѐнкина, С.В. Литвинова, студенты*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент каф. ТУ  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, vika.melkaya.maslyonkina@mail.ru,  
Ssoffi.ill@gmail.com*

*Проект ТУ-1402 «Компьютерное моделирование управленческих  
решений»*

Жить в уютной обстановке и окружать себя красивыми и оригинальными вещами сегодня хотят многие. Мебельное производство является продолжением производства деревообрабатывающего, что проявляется в однородности используемых материалов и инструментов. Полный поточный цикл мебельного производства, при работе с древесиной, включает процессы от обработки древесных заготовок и нарезки панелей, до сборки и упаковки изделий. В результате высокотехнологичного мебельного производства должна получиться мебель с высокими показателями функциональности, эргономичности и эстетичности.

Цель выполнения проекта: создание модели динамического назначения персонала на работы в зависимости от плана производства на мебельном предприятии.

При выполнении проекта ставятся следующие задачи:

- 1) изучение мебельной компании, по которой будет разработана модель назначения персонала;
- 2) создать модель динамического назначения персонала данного мебельного предприятия на работы по созданию и реставрации мебели.

В проекте присутствует описание материалов для обработки дерева, рассматриваются процессы реставрации и производства мебели. Так же представляется описание оборудования для производства мебели.

Проект разработан в соответствии с Профессиональными стандартами и Федеральными государственными образовательными стандартами.

Содержание приведено ниже:

1. Введение: представлены цели, задачи и практическая значимость проекта.

2. Документы и лицензии: описание документов, которые необходимы для мебельной компании.

3. Производство мебели: представлены компоненты/материалы, которые необходимы в мебельном производстве. Этапы производства отдельных изделий.

4. Реставрация мебели: описание процессов реставрации отдельных мебельных изделий при некоторых видах поломки.

5. Оборудование для производства мебели из массива: выбор качественного оборудования.

6. Сотрудники: выбор сотрудников для обеспечения выполнения качественной работы.

7. Организация производства изделий: расчёт времени работы над одним изделием.

8. Задание для решения задачи оптимизации производства: решение задачи.

9. Заключение: выводы о проделанной работе.

В результате работы над этим проектом изучена сфера мебельного производства. Создана модель динамического назначения персонала на работы в зависимости от плана производства на мебельном предприятии, которая поможет улучшить производительность на данном производстве, путём выгодного подбора персонала для различных производственных планов на смену.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Производство мебели: что нужно для открытия и развития [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://biznes-prost.ru/kak-organizovat-biznes-po-proizvodstvu-mebeli.html> (дата обращения: 26.02.2018).

2. Этапы производства [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://meliada.net/etapy-proizvodstva.html> (дата обращения: 27.02.2018).

3. Реставрация деревянной мебели [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://xn--b1apmbgelf.xn--p1ai/derevyannaya-mebel/> (дата обращения: 27.02.2018).

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ «2D- И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ»

*К.В. Пельменёва, студентка*

*Научный руководитель В.А. Семглазов, доцент каф. ТУ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, kristinochkapelmeneva@mail.ru*

В настоящее время 3D-печать вызывает огромный интерес и считается революционной, поскольку дает возможность произвести изделия заданных размеров с высокой точностью при низкой стоимости их изготовления [3]. В связи с этим была поставлена задача разработать программу, направленную на подробное изучение технологий 3D-печати, областей применения, программ для моделирования объектов, детальное изучение принципов работы 3D-принтеров, изготовление собственной 3D-модели [4].

Создание рабочей программы осуществлялось поэтапно. Начальным этапом был отбор профессиональных стандартов, далее постановка цели реализации программы, описание планируемых результатов обучения, необходимых трудовых действий, знаний и умений, определение категории слушателей, входных требований к обучающемуся, формы обучения, общей трудоемкости обучения, составление календарного учебного графика (табл.), создания перечня принципов построения программы. Следующим этапом было определение оценки качества освоения программы, т.е. выбор формы аттестации, оценочных и методических материалов [2].

### Учебно-тематический план

№ пп	Наименование модулей (курсов)	Общая трудоемкость, ч	Всего ауд. ч		Аудиторные занятия, ч		СРС, ч	Формы контроля
			лекции	практические и самостоятельные занятия	лекции	практические и самостоятельные занятия		
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Технологии 3D-печати</b>	<b>7,5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>			<b>4,5</b>	
1.1	Тема 1.1 Лазерная (SLA, LOM, FDM)(стереолитография, сплавление, ламинирование)	1,5	0,5	0,5			1	Тестирование
1.2	Тема 1.2 Струйная (SLS/DMLS)(застывание, склеивание, спекание)	1	0,5	0,5			0,5	Тестирование
1.3	Тема 1.3 Виды материалов (свойства и особенности) для 3D-печати, виды 3D – принтеров	1,5	0,5	0,5			1	Тестирование
1.4	Тема 1.4 Технология RepRap	1,5	0,5	0,5			1	Тестирование
1.5	Тема 1.5 Область применения 3D-печати	1	0,5	0,5			0,5	Тестирование
1.6	Тема 1.6 Характеристика 3D-принтера <i>Picaso 3D</i>	1	0,5	0,5			0,5	Тестирование
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Моделирование</b>	<b>11,5</b>	<b>7</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>		<b>4,5</b>	
2.1	Тема 2.1 Выбор объектов для моделирования	1	0,5	0,5			0,5	Тестирование
2.2	Тема 2.2 Прототипирование	4	3	1,5	1,5		1	Тестирование
2.3	Тема 2.3 Степень детализации и уровень схематизации	2	1	1			1	Тестирование

В результате проделанной работы были разработаны:

1. Учебно-тематический план программ «2D- и 3D-моделирование» с общей трудоемкостью 26,5 ч (аудиторные часы и самостоятельная работа).

2. Рабочая программа курса «2D- и 3D-моделирование» содержащая 4 раздела: «Технологии 3D-печати», «Моделирование», «Алгоритм получения 3D-изделия», «Печать модели». Каждый раздел разделен на темы, с указанием часов. Для оценки качества освоения программы было выбрано тестирование.

3. На основе программы «2D- и 3D-моделирование» было разработано учебное пособие на 96 страниц [1].

На данный момент продолжается работа на обучающей платформе Moodle, благодаря которой будет возможно изучать информационные материалы, участвовать в семинарах, обсуждениях, проходить тестирование, сдавать экзамены и т.д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Семиглазов В.А., Пельменёва К.В. Учебное пособие по курсу «2D- и 3D-моделирование». – Изд-во ООО «Бравый СТРАУС», 2018. – 96 с.

2. Программы для 3D-моделирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lumpics.ru/programs-for-3d-modeling/> (дата обращения: 20.11.17).

3. 3D-печать. Технологии 3D-печати. Применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://3dtoday.ru/wiki/3d\\_print\\_technology/](http://3dtoday.ru/wiki/3d_print_technology/) (дата обращения: 25.02.18).

4. Область применения и перспективы 3D-печати [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fotokomok.ru/oblast-primeneniya-i-perspektivy-3d-printerov/> (дата обращения: 27.02.18).

## К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ БИЗНЕСА

*Е.В. Перфильев, студент*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент каф. ТУ, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. РТФ, [mr.perfileve@mail.ru](mailto:mr.perfileve@mail.ru)*

Современные условия хозяйствования бизнес-структур требуют нового подхода к управлению предприятиями, приоритетной задачей которого является обеспечение безопасности.

Вопросами обеспечения безопасности (социальной, экономической, юридической и т.д.) занимаются не только органами муниципальной или государственной власти. Но и руководители большинства компаний стараются обеспечить их безопасность. Которая может быть достигнута за счет оборудования компаний такими системами безопасности, как: охранно-пожарные сигнализации, видеонаблюдение, системы оповещения и управления эвакуацией, системы контроля и управления доступом и т.д. [1]

Аспектами обеспечения безопасности современного бизнеса является то, что во-первых, в рамках действующего законодательство

руководители должны обеспечить безопасность условий труда, жизни и здоровья своих сотрудников. Во-вторых, каждый предпринимательский субъект является участником рыночных отношений и заинтересован в сохранности своего имущества.

В настоящее время мировой рынок систем безопасности в связи с активизацией угроз международного терроризма, компьютерными преступлениями, катастрофами техногенного характера активно развивается [1].

Современное предприятие должно не только противостоять угрозам, но и обеспечивать собственное развитие. При этом, многие топ-менеджеры выстраивают развитие бизнеса в соответствии с концепцией «Трех Е», на основании которой основными направления являются: «результативность, экономичность и эффективность». Вопросам безопасности при этом уделяется повышенное внимание, которые включают контроль за угрозами со стороны внешнего окружения, оценку возможных рисков, выявление промышленного шпионажа [2].

Особое внимание сегодня уделяется узконаправленным угрозам: информационным, финансовым, инженерно-технической, экологическим, др. Существующая вероятность осуществления угрозы бизнес-деятельности, характеризуется предпринимательским риском. Риски имманентны предпринимательству, т.к. их экономическая природа основана на рыночных законах с неопределенным, стихийным развитием.

Поэтому, каким бы ни было поведение предпринимательского субъекта на рынке, угрозы бизнесу всегда существуют. Следовательно, достаточно сложно достичь полной безопасности субъекта предпринимательской деятельности. Но минимизировать предпринимательские риски, обеспечить повышенный уровень безопасности возможно.

Обеспечение безопасности направлено на создание условий и обеспечение ресурсов по предотвращению и уменьшению последствий от угроз различного характера.

В работе С.Ю. Исхакова представлена структура системы обеспечения комплексной безопасности бизнес-объекта, рис. 1.

Представленная комплексная структура максимально будет способствовать снижению угроз развития предприятия и значительно повысит его уровень безопасности. Но зачастую, многими руководителями используются отдельные элементы структуры. Например, предприятия оснащаются только охранной и тревожной сигнализацией, или средствами видеонаблюдения, что значительно снижает уровень безопасности субъекта.

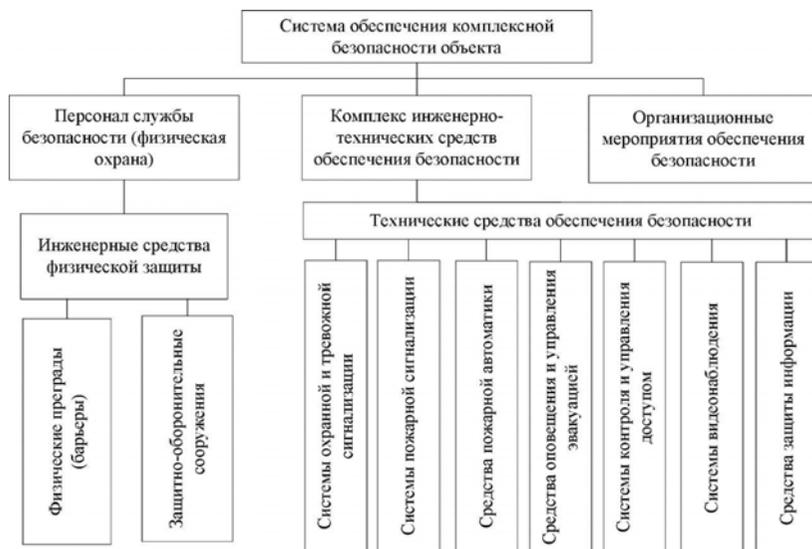


Рис. 1. Структура системы обеспечения комплексной безопасности бизнес-объекта [1]

На современных этапах развития большое внимание уделяется угрозам, связанным с внешним вторжением. Для минимизации данных рисков обеспечивают изоляцию сетей безопасности от сетей передачи данных. Внедряют системы обнаружения вторжений. Использование сетевых версий программно-аппаратных средств защиты информации позволяет реализовать средства централизованного управления, а также значительно снизить затраты на их покупку [3, 4].

Следовательно, на наш взгляд, для успешного развития бизнеса и более эффективной его защиты целесообразно использовать комплекс программно-аппаратных средств по обеспечению безопасности, различных по принципу действия и функциональному назначению. Что позволит не только повысить безопасность рабочего процесса, но и снизит вероятность нанесения материального ущерба бизнесу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исхаков С.Ю. Методическое обеспечение процесса выявления инцидентов в работе комплексных сетей систем безопасности. – дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2015. – 133 с.
2. Запорожцева Л.А. Концептуальные основы стратегии обеспечения экономической безопасности коммерческих организаций / Л.А. Запорожцева, О.И. Ухина, А.Н. Шевченко // Регион: системы, экономика, управление. – 2013, №4 (23). – С. 64–68.

3. Методы мониторинга и обеспечения безопасности для поддержания работоспособности корпоративной сети [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.securitylab.ru/> (дата обращения: 16.08.2017).

4. Половко И.Ю. Анализ функциональных требований к системам обнаружения вторжений [Электронный ресурс]. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/> (дата обращения: 31.07.2017).

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ МЕТОД СРАВНЕНИЯ ИДЕЙ

*Е.В. Перфильев, студент*

*Научный руководитель В.А. Семглазов, доцент каф. ТУ, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. РТФ, [mr.perfileve@mail.ru](mailto:mr.perfileve@mail.ru)*

Повышение прибыли является основной целью коммерческого предприятия. Достижение которой, возможно не только за счет роста продаж продукции, но и путем обновления бизнес-процессов.

В данной статье представлено сравнение инновационных идей с целью определения самой эффективной и актуальной идей для внедрения в деятельность сети спортивных клубов «Power HLS Club».

Суть использования количественного метода заключается в том, что каждая идея оценивается совокупностью безразмерных параметров, имеющих свои весовые коэффициенты. В табл. 1 приведена характеристика трех видов идей, направленных на расширение клиентской базы.

Анализ качества предоставляемых услуг, в соответствии с предлагаемыми идеями проводился по 5-бальной шкале экспертным методом, результаты которого представлены в табл. 2 [1, 3].

Согласно проведенному расчету математического ожидания лидером является идея С. Проведем нормировку [1, 2].

Если значение  $M_c$  принять за единицу, то превосходство идеи С по параметру  $M$  над идеями А, В, будет представлено следующим образом:  $S_m = 1,0$ ;  $A_m = 0,789/0,881 = 0,896$ ;  $B_m = 0,985$ .

При оценке отклонения от идеальной точки (1,0) были получены следующие значения:

$\lambda_a = 1,0 - 0,789 = 0,221$ ; соответственно:  $\lambda_b = 0,133$ ;  $\lambda_c = 0,119$ .

Превосходство идеи по параметру  $\lambda$  будет представлено следующим образом:  $S_\lambda = 1,0$ ;  $A_\lambda = 0,565 (0,119/0,221)$ ;  $B_\lambda = 0,898 (0,119/0,133)$ .

Сравнение идеи по коэффициенту вариации: расчёты показали, что:  $\gamma_a = 0,155$ ;  $\gamma_b = 160$ ;  $\gamma_c = 0,156$ . При этом, превосходство составит:  $S_\gamma = 1,0$ ;  $A_\gamma = 0,907$ ;  $B_\gamma = 0,962$ .

## Характеристика идей

Идея	Характеристика
Онлайн консультации (идея А)	Данный проект представляет собой сайт, который является средством дистанционной связи между профессиональными спортивными тренерами и диетологами, а также позволяет клиенту получить платные консультации спортивного врача. Контент сайт является информативно-спортивным путеводителем, который благодаря приятному дизайну и удобному интерфейсу способствует формированию положительного впечатления у клиента о спортивном образе жизни. Также, имеет бесплатный видео-контент с обучающим материалом: техника ведения тренировок, рецепты блюд правильного питания и т.д.
Дистанционное обучение (идея В)	Это услуга, которая позволяет взаимодействовать учащегося и квалифицированного специалиста, обладающего правами на оказания платных образовательных услуг в сфере спорта по направлениям: «Тренер тренажерного зала»; «Фитнес инструктор»; «Инструктор тренажерного зала» и т.д. Внедрение услуги дистанционного обучения позволяет получить потребителю данной услуги сертификат о прохождении курсов подготовки специалиста в области спорта, который будет служить документом, удостоверяющим его способность и квалифицированность работать в спортивной индустрии
Дистанционная корректировка фигуры (идея С)	Данный проект представляет собой онлайн-марафон, который направлен на потребителя, желающего избавиться от избыточного веса, привести себя в тонус, а также улучшить или проверить свои спортивные результаты. Потребитель данной услуги получает возможность получить теоретическую информацию и применить её на практике, которая будет служить средством к физическому и эмоциональному развитию, позволяя экономить временной ресурс, что для современного человека является важным фактором в принятии какого-либо решения

Если сравнить идеи по самым важным параметрам: стоимость услуги, потребители разной гендерной принадлежности, стоимость реализации услуги, актуальность, то получим для каждой идеи:

$V_a = 1,0 \times 0,112 + 1,0 \times 0,101 \times 0,6 \times 0,112 + 0,6 \times 0,112 = 0,348$ ;  
соответственно:  $V_b = 0,388$ ;  $V_c = 0,393$ .

## Сравнение идей

Характеристика (i)	Идея А	Идея В	Идея С	Вес	Приор.
Стоимость услуги	5 (1)	4 (0,8)	5 (1)	10	0,112
Индивидуальный подход к каждому клиенту	5 (1)	4 (0,8)	5 (1)	10	0,112
Видео-контент (тренировки, вебинары и т.д)	3 (0,6)	3 (0,6)	5 (1)	6	0,067
Потребителями могут быть люди разной гендерной принадлежности	5 (1)	5 (1)	5 (1)	9	0,101
Потенциал развития услуги	3 (0,6)	4 (0,8)	5 (1)	8	0,090
Возможность увеличения продаж продуктов собственного бренда	3 (0,75)	2 (0,5)	4 (1)	7	0,079
Качественный дизайн и удобный для пользования сайт	4 (1)	4 (1)	4 (1)	5	0,056
Реклама в соц.сетях и иных средства коммуникации (instagramm, vk, youtube, tv).	5 (1)	5 (1)	5 (1)	6	0,067
Стоимость реализации услуги	5 (1)	4 (0,8)	5 (1)	10	0,112
Актуальность услуги	3 (0,6)	5 (1)	5 (1)	10	0,112
Возможность увеличения масштаба обработки потенциальных клиентов	4 (0,8)	5 (1)	5 (1)	8	0,090
Математическое ожидание (М)	0,789	0,867	0,881	–	–

**Превосходство идеи по важным параметрам** составит:  $C_v = 1,0$ ;  $A_v = 0,886$ ;  $B_v = 0,986$ .

Суммарное значение превосходства для каждой идеи по всем критериям сравнения составит:  $A=3,254$ ;  $B=3,831$ ;  $C=4,0$

Руководствуясь полученными данными можно сделать вывод, что рациональным выбором инновационного внедрения в организацию станет идея «С». Данная идея обеспечит скорейший рост финансовой составляющей организации, будет являться наиболее выгодной в реализации и в дальнейшем обслуживании. Также, инновационная услуга «Дистанционной коррекции фигуры» является наиболее актуальной, что повлечет за собой быстрый рост потенциальных потребителей. Спрос на данную услугу вызван не только популярностью здорового образа жизни населения, но ещё и в связи с тем, что современный человек ценит временной ресурс и желает получить наилучший результат затрачивая на это минимальное количество времени. Данный проект способствует удовлетворению всех принципиально важных аспектов для потребителя, что в свою очередь оправдывает востребованность в услугах спортивного клуба.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Семиглазов В.А. Инновационный менеджмент: учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе. – Томск: ЦПП ТУСУР, 2014. – 39 с.
2. Семиглазов В.А. Сборник задач по дисциплине «Антикризисное управление предприятием»: учебное пособие / А.М. Семиглазов, В.А. Семиглазов. – Томск: каф. ТУ, ТУСУР, 2012. – 87 с.
3. Сервис для проведения опросов «Анкетолог.ру» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iom.anketolog.ru/2015/05/20/chislo-priverzhencev-zdorovogo-obraza-zhizni-dostiglo-maksimuma-za-poslednie-9-let> (дата обращения: 30.09.2017).

### **АНАЛИЗ КОМПАНИЙ, ВЫПУСКАЮЩИХ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ETHERNET ОТ КОНДУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ МОЩНЫХ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ**

*К.С. Полунина, студентка; Д.А. Мозгова, магистрант*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, [vadim.tusur@mail.ru](mailto:vadim.tusur@mail.ru), [43ket@mail.ru](mailto:43ket@mail.ru)  
Проект ТУ-1402 «Компьютерное моделирование управленческих  
решений», направление: информационный сервис*

В настоящее время рынок радиоэлектронной аппаратуры стремительно развивается. Появляются новые виды устройств защиты, видеонаблюдения, комплексных систем безопасности для объектов любой сложности и направленности. В связи с обострившейся ситуацией на политической арене актуальным стал вопрос импортозамещения и, как следствие, переход на оборудования российского производства.

17 февраля 2016 г. вышло постановление №109, №110 в рамках государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы». В котором говорилось о том, что государство будет способствовать реализации проектов по созданию инфраструктуры отрасли, в том числе промышленных кластеров, увеличению доли импортозамещающих и инновационных товаров в общем объеме выпуска электронной и радиоэлектронной продукции [1].

На базе научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» (НИЛ «БЭМС РЭС») Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), разработано «Устройство защиты оборудования Ethernet от кондуктивных воздействий мощных сверхкоротких импульсов» (1, 12, 24 канала). Принцип работы осно-

ван на технологии модальной фильтрации, т.е. использовании модальных искажений (изменений сигнала за счет разности задержек мод многопроводной линии передачи) для защиты за счет разложения импульса в последовательно соединённых отрезках связанных линий. Заинтересованные отрасли: авиакосмическая, судостроение, нефтегазовая, энергетика, приборостроение и научные учреждения.

Основными заинтересованными отраслями являются авиакосмическая отрасль, судостроение, нефтегазовая отрасль, энергетика, приборостроение и научные учреждения.

В данной статье представлен обзор российского и зарубежного рынков и оценена потенциальная возможность успешного выхода на рынок.

Современный российский рынок в основном состоит из импорта (терминальные устройства, бытовой электроники), экспорта в составе военного оборудования и внутреннего рынка (телекоммуникационные устройства, системы безопасности, электроника для автомобильного транспорта, оборонные изделия) [2]. При анализе рынка были найдены самые известные российские компании – конкуренты-производители данного оборудования.

Компания «InfoSys» создана на базе компании «Уфанет» в г.Уфа. Выпускает 6 типов устройств 1-, 4-, 6-канальные. Список выпускаемой продукции достаточно широк: устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП); устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП); модельный ряд для установки в универсальный корпус 19 [2].

«Тахион» производит 1-канальное конкурирующее устройство. Компания находится в г. Санкт-Петербург и выпускает устройства: устройство защиты портов интерфейса RS-485 (УЗЛ-И); устройство защиты линии питания 220 В (УЗП-220); устройство защиты линии питания 220 В (УЗП-220С); устройство защиты линии питания 220 В с фильтром от радиопомех (УЗПФ-220/8) [3].

«RViGroup» изготавливает 1-канальное устройство. Это российский разработчик и производитель комплексных систем безопасности для объектов любой сложности и направленности: IP-видеонаблюдение; HD-аналоговое видеонаблюдение; сетевое оборудование; аналоговое видеонаблюдение и другие [4].

Мировой рынок – рынок со множеством крупных корпораций, занимающихся производством радиоаппаратуры. Данный рынок состоит из промышленной электроники, автоэлектроники, телекоммуникаций, бытовой электроники, военной электроники и прочего [5]. На данный момент известны следующие корпорации–конкуренты.

«INS» – американская компания, выпускающая 1-, 24-канальные устройства.

«Guangxi Dikai Sci & Tech Co., Ltd» – китайская компания – 24-канальные устройства.

«Utek» – китайское предприятие – выпускает 1-канальное устройство.

«Ditek» – американская корпорация – выпускает 1-, 8-, 12-канальные устройства.

«Phoenix Contact» – данное предприятие находится в Германии и производит 1- и 48-канальные фильтры.

«Eaton» – американское предприятие, выпускающее 1- и 12-канальные устройства.

Эти предприятия занимаются выпуском и продажей устройств различных направлений.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что устройства защиты оборудования Ethernet от кондуктивных воздействий мощных сверхкоротких импульсов достаточно востребованы на рынке радиоэлектроники. При выборе целевого рынка рекомендовано сконцентрировать своё внимание на российском рынке, ввиду того, что на мировом рынке финансовые затраты будут больше и более жесткий уровень конкуренции.

Для увеличения объемов продаж данных устройств на российском рынке рекомендуется создать достойное маркетинговое сопровождение, презентовать оборудование целевой аудитории, постоянно участвовать в выставках и конечно, необходимо иметь квалифицированных специалистов по всем этим направлениям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Постановления от 17 февраля 2016 г. №109, №110. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/21893> (дата обращения: 26.09.2017).

2. Компания «InfoSys» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.info-sys.ru/inform.html> (дата обращения: 26.09.2017).

3. Компания «Тахион» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tahion.spb.ru/otzivi> (дата обращения: 27.09.2017).

4. Компания «RViGroup» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rvi-cctv.ru/contacts> (дата обращения: 28.09.2017).

5. Международная выставка. Светотехника. Автоматизация зданий и сооружений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elektro-expo.ru/ru/ui/17019> (дата обращения: 26.09.2017).

# ОЦЕНКА КООРДИНАТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЮЩИХ КАМЕР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ IMATEST

*А.А. Сангилбаев, А.М. Айткалиева,*

*А.А. Ишимухамбетова, магистранты*

*Научный руководитель В.А. Шалимов, профессор каф. ТУ, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ и ТОР, o\_w\_n@inbox.ru*

**Цель и постановка задачи.** Целью этой работы является сравнение и анализ изображений с координатными искажениями в программном обеспечении Imatest.

**Оценка координатных искажений.** Координатные искажения телевизионных передающих камер проявляются в виде несоответствия координат передаваемого и сформированного изображения и создаются на всех участках тракта передачи. У современных телевизионных передающих камер с твердотельной матрицей – преобразовательный цвет сигнал главным источником является оптика.

Для оценки координатных искажений используется коэффициент нелинейных искажений, который в свою очередь не позволяет определить координаты в тех или иных местах расположения изображения [1]. Для решения этой проблемы используется программное обеспечение Imatest для определения координат и их искажений.

В качестве эталонного изображения используется испытательная таблица «шахматная доска» [2], т.к. она подходит для большинства измерений искажений из-за того, что в отличие от испытательной таблицы «сетка» у нее не возникает проблемы с шириной линий. [3]

## **Алгоритм работы в программном обеспечении Imatest**

В программном обеспечении Imatest в разделе Test Charts создаются два эталонных изображения («шахматная доска») без искажений (рис. 1) и с искажениями и их настройка (рис. 2, 3).

Затем эталонное изображение загружается в разделе Distortion и производится запуск расчетов. Результат координаты точек с эталонного изображения без искажений (рис. 4) и с искажениями (рис. 5).

Анализ результатов говорит о том, что все искажения одинаковы по границам изображения, так как эти искажения были внесены самим программным обеспечением. Использование программного обеспечения Imatest позволяет упростить и полностью автоматизировать весь процесс оценки координатных искажений, а также минимизировать вычислительный процесс и также автоматизировать процесс корректировки изображения.

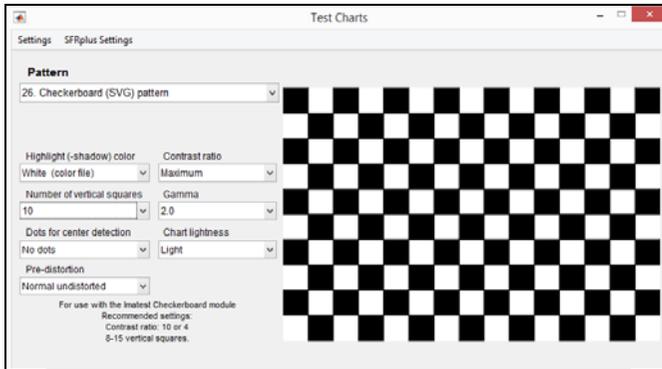


Рис. 1. Создание эталонного изображения без искажений

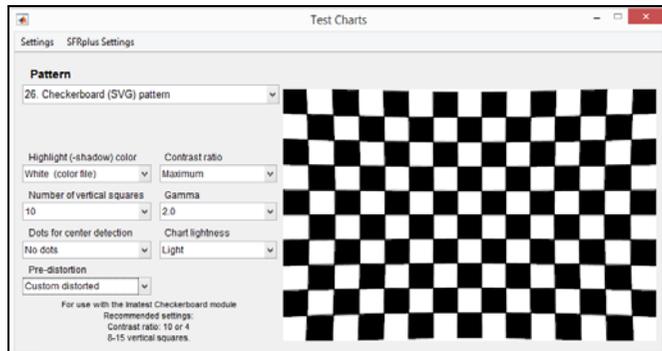


Рис. 2. Создание эталонного изображения с искажениями

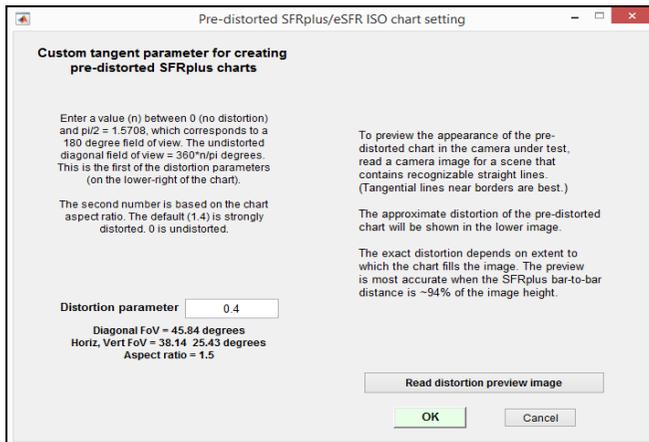


Рис. 3. Настройка искажений

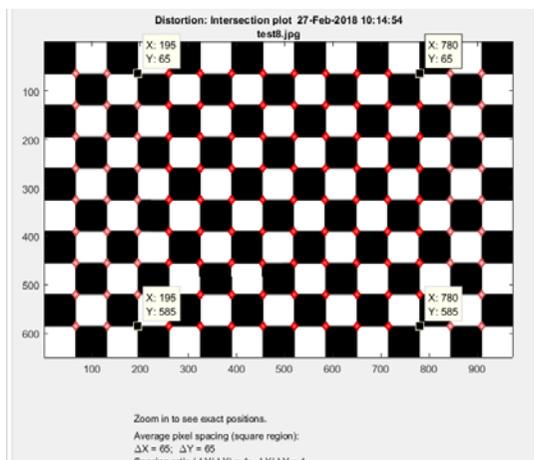


Рис. 4. Координаты точек с эталонного изображения без искажений

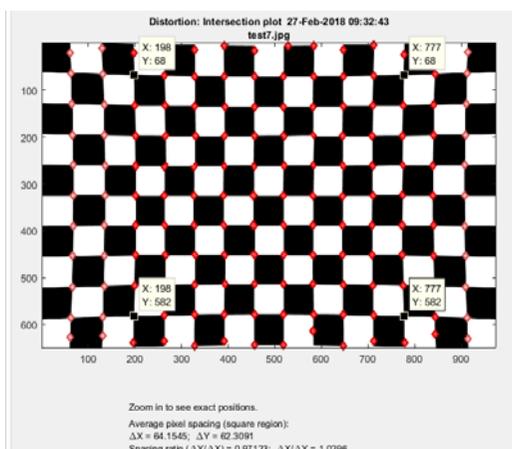


Рис. 5. Координаты точек с эталонного изображения с искажениями

### Результат оценки искажений

№	Координаты		Величина искажений
	Эталонное изображение без искажений (X, Y)	Эталонное изображение с искажениями (X, Y)	Абсолютное значение
1	195, 65	198, 68	3, 3
2	780, 65	777, 68	3, 3
3	195, 585	198, 582	3, 3
4	780, 585	777, 582	3, 3

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кривошеев М.И. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы: учебник. – 2001. 574 с.
2. <http://docs.cntd.ru/document/gost-8784-75>
3. Imatest Documentation by Norman Koren. – 2009. – 451 p. – <http://www.imatest.com/docs/Imatest%20Documentation.pdf>

## ОБЗОР МЕТОДОЛОГИЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ ИТ-ПРОЕКТАМИ

*О.К. Шпякина, студентка*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, к.т.н., доцент  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, [vadim.tusur@mail.ru](mailto:vadim.tusur@mail.ru).*

Сегодня мы наблюдаем колоссальное развитие сферы информационных технологий. С каждым годом увеличивается спрос на ИТ-услуги, который обеспечивается возрастающим разнообразием и сложностью информационных продуктов. Многообразие на рынке информационных услуг порождает множество проблем проектного подхода в производстве информационных продуктов, так как не существует универсального метода управления информационным проектом. В данной статье приводятся основные современные методологии управления ИТ-проектами, а так же краткий обзор программных инструментальных средств, используемых менеджерами в информационной сфере.

Методология – это совокупность идей, принципов, методов, способов и средств, в совокупности представляющих собой стандарт, в соответствии с которым будет разрабатываться информационный продукт. Выбор методологии происходит в соответствии со спецификой предприятия, а так же учитываются конкретные задачи, объемы работ, бюджет и цели заказчика.

Гибкая (Agile) и каскадная (Waterfall) модели разработки проекта – наиболее популярные методологии ведения проекта на сегодняшний день. Гибкая модель основана на итеративных принципах разработки, то есть процесс создания продукта делится на серию коротких циклов. При этом каждая итерация представляет собой отдельный проект с планированием, проектированием, программированием, тестированием и ретроспективой. Методология Agile стала основой для целого ряда гибких методик, среди которых наиболее известны Scrum, Lean и экстремальное программирование (XP).

Каскадная модель разработки (Waterfall) подразумевает последовательное прохождение процесса, разбитого на стадии. Переход к но-

вому этапу возможен только после завершения предыдущего, при этом новые функции добавляются уже после релиза и исправления ошибок.

Несмотря на простоту и точность каскадной модели, на практике менеджеры чаще всего реализуют именно Agile методологию. Это обусловлено тем, что разделение проекта на короткие итерации позволяет встраивать корректировки функциональных требований непосредственно в процесс разработки, что влечет за собой минимизацию рисков и быстрое получение первичной версии продукта. Кроме того, разнообразие методов, основанных на Agile, обеспечивает выбор подходящего метода разработки в соответствии со спецификой проекта, увеличивая его производительность и эффективность. Помимо методологий, существует множество программных продуктов, позволяющих менеджерам информационных проектов эффективно вести управление.

Наиболее популярным решением, лежащим в основе разработки программного продукта, является Git-распределенная система управления версиями, которая представляет собой децентрализованный репозиторий исходного кода. Пример классического репозитория представлен на рис. 1.

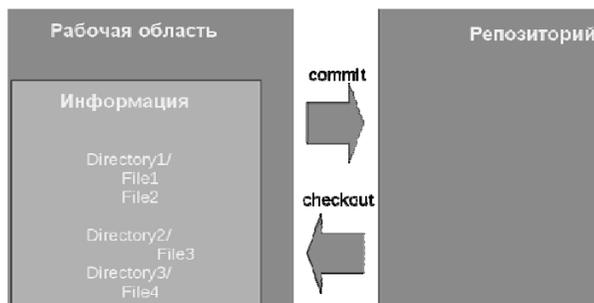


Рис. 1. Управление рабочим пространством в классическом репозитории

В классическом репозитории исходного кода папка с файлами и подпапки обрабатываются как информация (content). Все версии информации содержатся в репозитории, а рабочий каталог – это место, где работают с кодом. Из репозитория код выгружают (checkout) в рабочий каталог, а изменения, внесенные в этом рабочем каталоге, фиксируют (commit) в новой версии информации в репозитории.

При каждой операции фиксации в результате внесения изменений создается новая версия информации, полученная из предыдущей, родительской версии (рис. 2). Вся информация хранится в виде набора версий (snapshots), которые связаны отношениями «родитель-пото-

мок». Такая последовательность версий называется потоком (или ветвью), в Git его обычно называют «master». Ветви используются при реализации проекта для выделения разработки отдельных функций и для поддержки старой версии продукта.

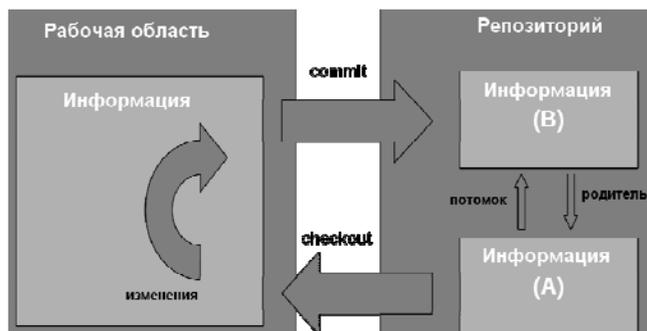


Рис. 2. Создание новой версии продукта

Таким образом, принцип работы Git заключается в управлении информацией в форме снимков текущего состояния, по одному на каждую фиксацию (коммит), и применении набора изменений для перехода к следующему состоянию или возврата к предыдущему.

Следующий полезный инструмент для ИТ-менеджера – Atlassian JIRA. На сегодняшний день среди разработчиков программного обеспечения JIRA является наиболее популярной системой отслеживания ошибок, которая также используется для управления проектами по методологии Agile. Основным элементом в системе JIRA является задача, которая содержит информацию о проекте (название, приоритет, тип, компоненты и содержание). Любые изменения в задаче протоколируются в журнал. В системе реализован универсальный подход, благодаря которому есть возможность работать с непрофильными задачами, например, управлением рисками, требованиями и т.п. JIRA можно интегрировать с внешними системами, в том числе и с Git.

Следующим популярным инструментом в области управления проектами является IFS Applications – единый гибкий пакет приложений, который обеспечивает управление корпоративными ресурсами, планирование ресурсами предприятия, управление корпоративными проектами и цепочками поставок для компаний различного масштаба. Система содержит следующие компоненты: производство, финансы, персонал, продажи, поставки, проекты, инжиниринг, техническое обслуживание и ремонт, управление качеством, документооборот, управление экологическим влиянием.

IFS Applications также имеет возможность интегрирования со сторонними системами, таких, как Git.

Большую популярность набирает Redmine – открытое приложение для управления проектами, с возможностью отслеживания ошибок. Стандартный Redmine позволяет объединять задания в версии, проставлять сроки исполнения и оценочные часы. В свободном доступе имеется ряд плагинов для более глубокого планирования. Большинство из них реализованы под гибкие методологии разработки (например, Scrum). Существует возможность интеграции с Git.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что сегодня рынок насыщен различными инструментами в области управления ИТ-проектами. Менеджер имеет возможность подобрать необходимый инструментарий в соответствии с типом, размером, стоимостью проекта. Так или иначе, применение гибких методологий и комплексных систем управления в соответствии со спецификой конкретного проекта напрямую влияет на эффективность разработки информационных продуктов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Словарь терминов и определений ITIL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://itsmforum.ru/ZAM-test/Russian\\_2011\\_Glossary\\_v2.0.pdf](http://itsmforum.ru/ZAM-test/Russian_2011_Glossary_v2.0.pdf) (дата обращения: 03.03.2018).
2. Знакомство с работой Git // IBM developerWorks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/d-learn-workings-git/> (дата обращения: 03.03.2018).
3. Environment aware: How business can be green // BBC News [Электронный ресурс]. – <http://www.bbc.com/news/business-12291673> (дата обращения: 03.03.2018).
4. Atlassian // Jira Software [Электронный ресурс]. – <https://www.atlassian.com/software/jira> (дата обращения: 03.03.2018).
5. IFS // Solutions for Agile business [Электронный ресурс] – <http://www.ifsworld.com/us/solutions/> (дата обращения: 03.03.2018).

#### ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ «ИНФОРМАЦИОННЫЙ МАРКЕТИНГ»

*Н.В. Степанова, О.А. Сидорова, студентки*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, к.т.н.*

*Томск, ТУСУР, каф. ТУ, ya\_gav@mail.ru, kooksiiky@gmail.com*

На сегодняшний день главным условием устойчивого функционирования, успешности и развития любого бизнеса является клиенто-ориентированный подход.

Появление CRM – это реакция бизнеса на постоянно усложняющиеся и растущие запросы клиентов. CRM-система – это прикладное программное обеспечение для организаций, предназначенное для автоматизации стратегий взаимодействия с клиентами, в частности, для увеличения уровня продаж, улучшения обслуживания клиентов путем сохранения информации о клиентах и истории взаимоотношений с ними [1].

На самом деле, CRM-системой можно считать любой вариант контроля и учета, который позволяет контролировать и поможет улучшить все варианты взаимодействия с клиентами [2].

При подсчете у 43% компаний в России нет единой базы клиентов, 32% ведут учет в финансовой системе, 15% предприятий используют стандартные офисные приложения и лишь 10% используют CRM-системы [3]. Из этого можно сделать вывод, что у большинства предприятий нет структурированной базы клиентов, истории взаимодействия с клиентом, не происходит полного обмена информацией между сотрудниками, нет механизма прогнозирования продаж и других преимуществ, которые обеспечивают использование CRM-систем.

Именно исходя из сделанных выводов, можно сказать, что внедрение CRM-системы на предприятии является правильным и достаточно выгодным решением, а для того, чтобы сотрудники могли с ней без проблем работать, необходимо качественное и профессиональное обучение, в связи с чем и будет разработана программа повышения квалификации (ППК) «Информационный маркетинг».

Актуальность и практическая важность изучения курса «Информационный маркетинг» определяются высокой скоростью технических и технологических изменений на современных рынках. Настоящая программа охватывает все прикладные и важнейшие теоретические аспекты информационного маркетинга – экономической дисциплины и технологии, посредством которой осуществляется управление информационными ресурсами компании в целях осуществления и оптимизации сбыта.

ППК «Информационный маркетинг» имеет практико-ориентированную направленность. Данная программа знакомит слушателей с CRM-системой «Битрикс24», ее составными частями, с базовыми технологиями и методами маркетинговых исследований и решений.

Программа разработана в соответствии с профессиональным стандартом ПС 06.012 «Менеджер продуктов в области информационных технологий», ПС 06.013 «Специалист по информационным ресурсам», ПС 06.015 «Специалист по информационным системам», федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению 09.03.02 «Информационные системы и

технологии», 38.03.02 «Менеджмент», квалификационными характеристиками должностей работников образования и работников в сфере маркетинга.

Целью реализации программы «Информационный маркетинг» является формирование у слушателей системы знаний о маркетинге и CRM-системах; обучение способам и подходам практического применения инструментов маркетинга в деятельности предприятия.

Планируемые результаты обучения: слушатель должен приобрести/сформировать следующие профессиональные компетенции в соответствии с трудовыми функциями, прописанными в соответствующем профессиональном стандарте: ПС 06.012 «Менеджер продуктов в области информационных технологий», ПС 06.013 «Специалист по информационным ресурсам», ПС 06.015 «Специалист по информационным системам».

В результате были составлены рабочая программа, включающая в себя учебно-тематический план, аннотацию программы, кадровые условия, оценку качества освоения программы и ее содержание, и учебное пособие. Учебно-тематическая карта представлена в таблице.

### Учебно-тематический план ППК «Информационный маркетинг»

#### УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН программы повышения квалификации «Информационный маркетинг»

**Категория слушателей:** – работники предприятий в сфере маркетинга, научно-педагогические работники учреждений высшего, среднего профессионального образования, средних образовательных школ.

**Срок обучения:** – от 5 дней до 15 дней

**Форма обучения:** – очная, заочная, в том числе, с применением дистанционных образовательных технологий

**Режим занятий:** от 2 до 6 часов в день

№ п/п	Наименование модулей (курсов)	Объем трудо- емкости, ч	Всего ауд. ч	Аудиторные занятия, ч лекции	практические и семинарские занятия	СРС, ч	Формы контроля
<b>I</b>	<b>Модуль 1. CRM-система</b>	<b>37</b>	<b>24,5</b>	<b>14</b>	<b>10,5</b>	<b>12,5</b>	
1.1	Тема 1. Обзор CRM-системы	1,5	1	1		0,5	тестирование
1.2	Тема 2. Состав CRM-системы	2,5	2	1	1	0,5	тестирование
1.3	Тема 3. Интеграция с внешними каналами связи	6	3,5	2	1,5	2,5	тестирование
1.4	Тема 4. Формы обратной связи	4	2,5	1	1,5	1,5	тестирование
1.5	Тема 5. Голосовые чаты, телефония	2,5	2	1	1	0,5	тестирование
1.6	Тема 6. Дополнительные плагины, облачное хранилище	4,5	3	2	1	1,5	тестирование
1.7	Тема 7. Кабинет продавца, кабинет старшего менеджера	11,5	7,5	4	3,5	4	тестирование
1.8	Тема 8. Мобильные приложения	4,5	3	2	1	1,5	тестирование
<b>II</b>	<b>Модуль 2. Интернет-маркетинг</b>	<b>40</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	
2.1	Тема 1. Этика общения с клиентом. Скрипт продаж	11	8	6	2	3	тестирование
2.2	Тема 2. Искусство изучения конкурентов	9	6	4	2	3	тестирование
2.3	Тема 3. Эффективные средства коммуникации с клиентами	3	2	2		1	тестирование
2.4	Тема 4. Анализ рынка	8,5	6	4	2	2,5	тестирование
2.5	Тема 5. Виды рекламы	8,5	6	4	2	2,5	тестирование
	<b>Итого</b>	<b>77</b>	<b>52,5</b>	<b>34</b>	<b>18,5</b>	<b>24,5</b>	проект

Данная карта информирует о распределении объема часов по темам и формам учебной работы. Трудоемкость программы «Информационный маркетинг» составила 77 академических часов, включая самостоятельную работу.

В таблице так же можно увидеть, что программа составлена на модульно-компетентностном подходе, так как темы разделены на два модуля: «CRM-система» и «Интернет-маркетинг». В результате, при осуществлении раскрытия содержания для каждого модуля в рабочей программе были составлены отдельные программы с соответствующими названиями.

Данные разработки будут внесены в систему управления обучением Moodle на сайт [«http://lux3d.ru/»](http://lux3d.ru/), в результате чего будет составлен курс обучения, который будет состоять из:

- лекционных материалов, охватывающих выделенные темы;
- контрольных вопросов после изучения каждого лекционного материала, в результате которых в личной статистике каждого слушателя будет формироваться итоговое количество баллов, необходимых для получения аттестата установленного образца;
- итогового тестирования, по результатам которого будет вынесена оценка обучаемому и допуск к защите аттестационной работы.

Допуск на изучение курса «Информационный маркетинг», составленной с помощью системы Moodle, будет только у тех пользователей, кто будет зарегистрирован на данную программу обучения. Также составители программы и руководитель смогут отслеживать всю статистику прохождения данного курса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крюкова А.А. Клиентоориентированные системы (CRM). Конспект лекций. – Самара.: ФГОБУ ВПО ПГУТИ, 2012. – 236 с.
2. Что такое CRM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [https://www.bitrix24.ru/articles/crm\\_what\\_is.php](https://www.bitrix24.ru/articles/crm_what_is.php) (дата обращения: 01.03.2018).
3. Алехно В.В. Тенденции развития концепции системы управления взаимоотношений с клиентами (CRM-системы) в России // Nauka-rastudent.ru. – 2016. – № 04 (028) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://nauka-rastudent.ru/28/3356/> (дата обращения: 02.03.2018).

#### РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ «ЮРИДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ И ПРЕДПРИЯТИЕМ СЕРВИСА»

*Е.В. Смык, К.А. Козлова, студенты*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент, к.т.н*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, [franom@mail.ru](mailto:franom@mail.ru)*

*Проект ГПО ТУ-1701 «Информационный сервис в сфере образования»*

Актуальность данного группового проекта заключается в том, что программы ДПО повышают трудовую мобильность выпускников кафедры и помогают повысить квалификацию.

Практическая значимость данной работы заключается в разработке программы дополнительного профессионального образования для выпускников кафедры, расширяя спектр их профессиональной востребованности.

Целью выполнения проекта является составление карты соответствия компетенций Федеральных Государственных Образовательных Стандартов и Профессиональных стандартов, затрагивающих юридические аспекты в подготовке специалистов по сервису и управлению персоналом.

### **Задачи**

1. Проведение анализа правовых компетенций ФГОС ВО 38.04.03, ФГОС ВО 43.03.01, ФГОС ВО 43.03.02, ФГОС ВО 43.03.03, а также трудовых действий Профессиональных стандартов 07.003, 33.019, 33.012, 33.008, 33.007, 33.005 для разработки специальной юридической дисциплины с целью переподготовки специалистов.

2. Подбор и анализ правовых актов Российской Федерации в сфере сервиса и управления персоналом.

3. Подбор необходимых знаний и умений из профессиональных стандартов для программ дополнительного профессионального образования.

При выполнении первой задачи, были взяты ФГОС ВО 38.03.03 и ФГОС ВО 38.04.03 «Управление персоналом». Для составления необходимой нам таблицы требовалось обратиться к разделам «требования к результатам освоения программы бакалавриата» и «требования к результатам освоения программы магистратуры». Из этих разделов в отдельном столбце были выписаны все ОК, ОПК и ПК с номером, а в другом столбце были выписаны описания этих компетенций, которые имели под собой правовую основу и юридические аспекты.

Опираясь на отобранные компетенции, были подобраны соответствующие им нормативно-правовые акты, необходимые для освоения выбранных компетенций.

На выходе получили табл. 1.

После выполнения первых задач, переходим к выполнению третьей задачи.

Для нахождения требуемых знаний и умений был использован ПС.

Из данного стандарта были подобраны трудовые действия, соответствующие компетенциям из ФГОСа, внутри которых были найдены подходящие знания и умения, обеспечивающие выполнение трудовых действий.

На выходе получили табл. 2.

По такому же алгоритму были проработаны ФГОС ВО 43.03.03 и 43.04.03 «Гостиничное дело»; ФГОС ВО 43.03.01 и 43.04.01 «Сервис»; ФГОС ВО 43.03.02 и 43.04.02 «Туризм».

Таблица 1

ФГОС «Управление персоналом»			
ФГОС ВО 38.03.03 УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ			
Компетенции	Требования к результатам освоения программы бакалавриата	Юридический аспект	
ОПК-2	Знание Кодекса об административных правонарушениях Российской Федерации, Уголовного кодекса Российской Федерации и иных федеральных законов в части определение ответственности за нарушения трудового законодательства и иных актов, содержащих нормы трудового права, Гражданского кодекса Российской Федерации в части, относящейся к деятельности кадровой службы	<p>Кодекс административных правонарушений РФ;</p> <p>Административный кодекс РФ;</p> <p>Гражданско-процессуальный кодекс РФ;</p> <p>Уголовный кодекс РФ;</p> <p>Уголовно-процессуальный кодекс РФ;</p> <p>Гражданский кодекс РФ;</p>	<p>Ст. ст. 3, 362, 419 ТК РФ; Гл. 30 ТК РФ;</p> <p>Ст. ст. 5.27–5.34, 5.40, 5.42, 19.6 КоАП РФ;</p> <p>Ст. 136 УК РФ</p>

Таблица 2

Трудовые действия ФГОС				
Трудовая функция	Компетенции	Требования к результатам освоения программы бакалавриата	Знать	Уметь
А/03.5	ОК-1	Способность использовать основы правовых знаний в различных сферах деятельности	Нормативные правовые акты Российской Федерации, регулирующие права и обязанности государственных органов, профессиональных союзов и других представительных органов работников по предоставлению учетной документации;	Организовывать хранение документов в соответствии с требованиями трудового законодательства Российской Федерации и локальными нормативными актами организации
В/03.6			Трудовое законодательство и иные акты, содержащие нормы трудового права;	
			Локальные нормативные акты организации, регулирующие порядок ведения документации по учету и движению персонала	

**Заключение.** В процессе выполнения данного проекта были составлены карты соответствия компетенций Федеральных Государственных Образовательных Стандартов и Профессиональных стандартов, затрагивающих юридические аспекты в подготовке специалистов по сервису и управлению персоналом.

В конечном итоге, благодаря данной работе разработаны программы дополнительного профессионального образования для выпускников кафедры, тем самым расширяя спектр их профессиональной востребованности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ФГОС ВО 38.03.03. Управление персоналом [Электронный ресурс] // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/380303.pdf> (дата обращения: 25.03.2017).

2. ФГОС ВО 43.03.03. Гостиничное дело [Электронный ресурс] // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/430303.pdf> (дата обращения: 26.03.2017).

3. ФГОС ВО 43.03.01. Сервис [Электронный ресурс] // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/430301.pdf> (дата обращения: 1.04.2017).

4. ФГОС ВО 43.03.02. Туризм [Электронный ресурс] // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/430302.pdf> (дата обращения: 4.04.2017).

5. ПС 33.005. Специалист по техническому диагностированию и контролю технического состояния автотранспортных средств при периодическом техническом осмотре [Электронный ресурс] // Справочник кодов общероссийских классификаторов. – Режим доступа: <http://classinform.ru/profstandarty/33.005-spetsialist-po-tekhnicheskomu-diagnostirovaniu-i-kontroliu-tekhnicheskogo-sostoiانيا-avtotransportnykh-sredstv-pri-periodicheskom-tekhnicheskom-osmotre.html> (дата обращения: 15.04.2017).

6. ПС 33.007. Руководитель, управляющий гостиничного комплекса [Электронный ресурс] // Справочник кодов общероссийских классификаторов. – Режим доступа: <http://classinform.ru/profstandarty/33.007-rukovoditel-upravliaiushchii-gostinichnogo-kompleksa-seti-gostinitc.html> (дата обращения: 16.04.2017).

7. ПС 33.008. Руководитель предприятия питания [Электронный ресурс] // Справочник кодов общероссийских классификаторов. Режим доступа: <http://classinform.ru/profstandarty/33.008-rukovoditel-predpriiatiia-pitania.html> (дата обращения: 18.04.2017).

8. ПС 33.012. Специалист по подбору персонала питания [Электронный ресурс] // Справочник кодов общероссийских классификаторов. – Режим доступа: <http://classinform.ru/profstandarty/33.012-spetsialist-po-podboru-personala.html> (дата обращения: 19.04.2017).

9. ПС 33.019. Специалист по выставочной деятельности в сфере торгово-промышленных выставок [Электронный ресурс] // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/profstandart/33.019.pdf> (дата обращения: 20.04.2017).

10. ПС 07.003 Специалист по управлению персоналом [Электронный ресурс] // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/profstandart/07.003.pdf> (дата обращения: 15.04.2017).

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ 3D-ПРИНТЕРОВ ПРИ ИХ КОММЕРЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ**

*М.С. Танаева, студентка*

*Научный руководитель В.А. Семглазов, доцент, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, [vadim@rk.tusur.ru](mailto:vadim@rk.tusur.ru)*

Доступность 3D-печати пока еще на пути становления, но достаточно быстро становится реальностью и показывает свой буквально безграничный потенциал. Вот уже долгое время многим желающим доступны 3D-принтеры самых разных моделей и назначений. Чаще всего принтеры приобретаются для частного (домашнего) использования, но также им находится и коммерческое применение. В таких случаях появляется нужда в диагностике, профилактике, выявлению и устранении технических неисправностей в процессе использования 3D-техники, ведь это напрямую влияет на прибыль организации. Далеко не каждый производитель принтеров может похвалиться тем, что предусмотрел все для потребителя, что внимательно рассматривает предложения и пожелания своих пользователей и воплощает их в жизнь. Именно поэтому 3D-принтеры, используемые в коммерческих целях, нуждаются в ряде модернизаций.

**Счетчик расхода филамента** [1]. Счетчик используется для учета работы времени принтера, которое измеряется не в часах, а в метраже расхода пластикового прутка с целью планирования технического и сервисного обслуживания. Другим применением счетчика является контроль за использованием оборудования, т.е. исключение применение оборудования в неслужебных целях.

**Автокалибровка стола.** Большое значение имеет печать первого слоя, формируемого на печатном столе. От этого зависит насколько качественно он будет напечатан. Поэтому большое значение имеет автокалибровка печатного стола. С ее помощью при коммерческом использовании 3D-принтеров можно повысить качество и надежность работы этих устройств, поскольку принтеры в автономном режиме

работают десятки часов и даже суток, а некачественно напечатанный первый слой может привести к потере печатаемого продукта или нарушению его целостности, что потребует дополнительных усилий на постобработку продукта. Кроме того, автоматическая калибровка позволит значительно сократить время не только запуска модели, но и снизить требования к квалификации оператора 3D-печати.

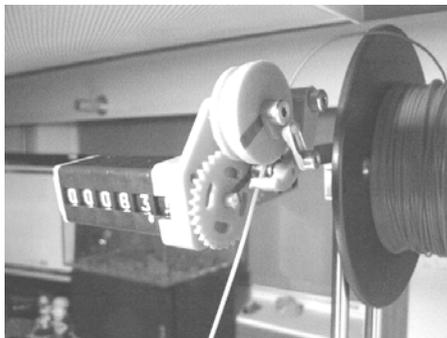


Рис. 1. Счетчик расхода филамента

**Датчик подачи филамента** [2]. Подача пластика по различным причинам может прекратиться. Это могут быть как внешние факторы, например, засорение сопла, или пересыхание, намокание, старость, лежание на открытом воздухе, неровности и прочие болезни филаментов, так и следствия неверных настроек принтера. Таким образом, датчик, контролируя движение филамента, и в случае внештатной ситуации ставит принтер на паузу, при этом подает звуковой сигнал или каким-либо другим способом оповещает оператора печати.

**Датчик диаметра филамента** [3]. Датчик позволит выявить изменения в нити пластика и улучшить качество печати. Как и в случае контроля за подачей филамента, датчик диаметра при внештатной ситуации ставит принтер на паузу. Именно поэтому эти датчики рекомендуется комбинировать.

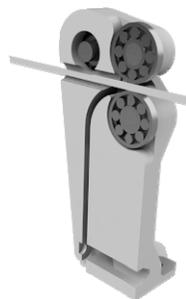


Рис. 1. Проект датчика диаметра нити

**Видеоконтроль печати** [4]. Путем установки одной или нескольких камер в помещении с 3D-техникой и настройки передачи фото или видео трансляции получаем видео-сигнализацию, т.е. удаленное наблюдение за печатью, которое позволит избежать непредвиденных ситуаций во время работы принтеров.

**Система автоматического пожаротушения** [5]. 3D-принтеры, работающие, по принципу пластиковой экструзии имеют несколько очень горячих деталей. Экструдер в некоторых ситуациях может достигать температуры до 300 °С, поэтому попадание посторонних легко воспламеняемых предметов в зону печати (например, штора при сквозняке или лист бумаги) может привести к их возгоранию и пожару. Так же существует другой сценарий – короткое замыкание в электрической части оборудования или неисправность датчика температуры, в результате чего принтер продолжает подавать энергию на нагревательный элемент печатающей головки или стола, думая, что температура недостаточна высокая. В отдельных случаях экструдер может раскалиться до слишком высокой температуры и привести к пожару. Все это является сигналом к решению установки индивидуальной системы автоматического пожаротушения.

Использование оборудования для 3D-печати в коммерческих целях сопряжено с получением прибыли и рисками большого ущерба и потери прибыли. Поэтому рекомендуется обезопасить себя от внештатных и чрезвычайных ситуаций путем модернизации имеющейся 3D-техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сообщество владельцев 3D-принтеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dtoday.ru/blog/news3dtoday/calculate-the-flow-rate-of-the-filment-with-the-help-of-3dprinted-cou/> (дата обращения: 24.02.2018).
2. Сообщество владельцев 3D-принтеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dtoday.ru/questions/alarm-stop-feeding-filament/> (дата обращения: 24.02.2018).
3. Manufacturing revolution on your desktop [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://diy3dprinting.blogspot.ru/2014/01/diy-filament-diameter-sensor.html> (дата обращения: 24.02.2018).
4. Сообщество владельцев 3D-принтеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dtoday.ru/blog/rubyfox/remote-video-surveillance-over-the-press-now-even-easier/> (дата обращения: 24.02.2018).
5. Сообщество владельцев 3D-принтеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dtoday.ru/blog/noiz/a-simple-solution-for-fire-safety/> (дата обращения: 24.02.2018).

## **ВЫБОР ТИПА СЧЕТЧИКА ФИЛАМЕНТА ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ НА ПРИНТЕРАХ FDM-ТЕХНОЛОГИИ**

*М.С. Танаева, студентка*

*Научный руководитель В.А. Семглазов, доцент, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, vadim@rk.tusur.ru*

Производители любительских и полупрофессиональных 3D-принтеров с целью удешевления своего оборудования исключают некоторый полезный функционал такой, как автокалибровка стола, датчики подачи и диаметра филамента, счетчик расхода филамента и др. По данным центра 3D-технологий г. Томск [1], этот функционал часто является востребованным. Наиболее всего при коммерческом применении использования 3D-печати возникает необходимость именно в контроле расхода филамента.

Используют такой счетчик расхода для учета работы времени принтера, которое измеряется в метраже расхода филамента с целью проведения технического обслуживания. Так же с помощью счетчика можно осуществлять контроль за использованием оборудования персоналом, т.е. исключать применение 3D-принтеров в личных целях.

Конструктивно счетчик может быть реализован по-разному: программно, т.е. в прошивке принтера; механически, когда он функционирует за счет движения филамента, накручивая счетчик; электронно-механически, когда счетчик содержит в себе механический компонент в виде крепления и движущихся механических частей энкодера, а также электронной схемы счетчика импульсов.

**Механическая реализация счетчика расхода филамента** является довольно трудоемким процессом, если нет готового решения. Проектирование механического счетчика сопровождается значительными временными затратами, т.к. в счетчике используется много движущихся механических деталей, которые требуют больших трудовых затрат при 3D-моделировании, а также вносят погрешность в учет.

**Программная реализация** является менее затратной. Но требует вмешательство в заводскую прошивку, что в случае поломки или обнаружения дефектов принтера может послужить отказом в гарантийном ремонте.

При **электронно-механической реализации** используются электронная схема и минимум движущихся механических деталей. Несмотря на это, способ значительно точнее чисто механического. При таком способе проектирования отсутствует вмешательство в заводскую прошивку принтера, что позволяет сохранить его гарантийное обслуживание.

Исходя из вышесказанного наиболее оптимальной для коммерческого использования принтеров в центре 3D-технологий является электронно-механическая реализация. В отличие от механической, она требует меньше трудозатрат на проектирование из-за уменьшения количества механических деталей. Центр 3D-технологий является дилером многих производителей 3D-оборудования, но не имеет в своем штате сотрудников-программистов, и на данный момент у них отсутствует разрешение поставщиков на модернизацию заводской прошивки. Поэтому вариант программной реализации тоже отпадает.

Принцип реализации довольно прост. Достаточно соединить энкодер, контроллер Arduino Uno, Nano или Micro и простенький дисплей (рис. 1).

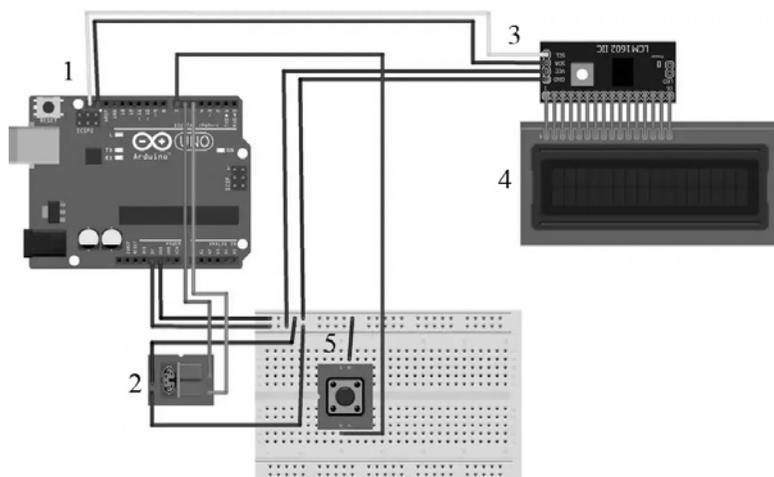


Рис. 1. Схема реализации счетчика филамента:

- 1 – контроллер Arduino; 2 – оптический энкодер; 3 – контроллер дисплея;  
4 – сам дисплей; 5 – кнопка переключения режимов дисплея

Использование контроллера Arduino обусловлено тем, что на его базе, помимо описываемого счетчика, в дальнейшем могут быть реализованы датчики контроля диаметра и подачи филамента. Кроме того, подавляющее большинство производителей 3D-принтеров традиционно используют контроллер Arduino Mega в качестве материнской платы для своей техники.

Энкодер состоит из диска с прорезями и оптоэлектронной пары. Направленный на фотодетектор, луч света периодически прерывается диском со специальными прорезями, приводимым в действие движущимся филаментом (рис. 2).

Энкодер формирует серию импульсов при своем вращении, счет которых организован на контроллере Arduino. Через контроллер 3 (см. рис. 1) информация выводится на дисплей 4. Кнопкой 5 переключаются режимы отображения информации.

Счетчик позволяет отображать расход филамента на текущую модель, на текущую катушку и общий расход с начала эксплуатации принтера. Данная схема принята к реализации центром 3D-техно-логий.



Рис. 2. Оптический энкодер

### ЛИТЕРАТУРА

1. Центр 3D-технологий г. Томск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dcorp.ru/> (дата обращения: 10.03.2018).
2. Сообщество владельцев 3D-принтеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dtoday.ru/blogs/dagov/counter-filament-from-an-old-mouse/> (дата обращения: 10.03.2018).
3. Форум по робототехнике, электронике и программированию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://robocraft.ru/blog/technology/734.html> (дата обращения: 10.03.2018).

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ПОЖАРУТУШЕНИЯ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРОВ

*М.С. Танаева, студентка*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, [vadim@rk.tusur.ru](mailto:vadim@rk.tusur.ru)*

В настоящее время все более привычным явлением для нас становятся 3D-принтеры, с их помощью можно экономно и довольно быстро распечатывать модели по своему выбору. Совсем скоро технологии трехмерной печати станут доступны каждому желающему, любой сможет обзавестись персональным 3D-принтером.

Таким образом, популярность принтеров возрастает, их можно будет увидеть не только на крупных предприятиях, в офисах малых компаний и центров, но и у себя дома. Поэтому, важным аспектом работы с 3D-техникой является обеспечение пожарной безопасности. Далеко не каждый производитель принтеров может похвалиться тем,

что предусмотрел все для потребителя, что внимательно рассматривает предложения и пожелания своих пользователей и воплощает их в жизнь.

Специфика эксплуатации принтера заключается в том, что данное оборудование работает автономно по многу десятков, а то и сотен часов. Обеспечить непрерывный контроль за печатью достаточно сложно, поэтому принтеры остаются без присмотра со стороны оператора на долгое время. Поскольку это оборудование имеет в своем составе электронные схемы и нагревательные элементы большой мощности, эта техника становится источником повышенной пожарной опасности. Обычно в помещении находится не только 3D-принтер, но и сопутствующая его работе электронная техника, и в случае возгорания, все имеющееся оборудование в помещении будет уничтожено огнем.

Так же и для коммерческих организаций очень важно сохранить свое оборудование в целости, а в случае непредвиденных ситуаций – обеспечить быстрое реагирование, направленное на предотвращение поражающего фактора, ведь это напрямую окажет влияние на прибыль организации. Именно поэтому 3D-принтеры нуждаются в обеспечении индивидуальной автоматической системы пожаротушения.

Системы пожаротушения объектов, являющиеся сейчас обязательными к установке в торговых и коммерческих организациях, для предотвращения пожара в помещении с 3D-техникой непригодны. Если возгорание произошло локально на одном принтере, то при срабатывании системы пожаротушения вся остальная электронная аппаратура придет в негодность. Она окажется покрыта мелким дисперсионным порошком, который при взаимодействии со смазкой и резиновыми изделиями выведет технику из строя. Именно поэтому необходимо, чтобы каждый принтер обладал индивидуальной системой пожаротушения.

Индивидуальность системы обеспечивается в случае изолирования оборудования. Это достигается за счет размещения его в индивидуальной капсуле или путем накрытия несгораемым куполом. В настоящее время имеется ряд устройств пожаротушения, рассчитанных на небольшие объемы.

**Генератор огнетушащего аэрозоля «Допинг 0.2»** [1] рассчитан на объем 200 л. Срабатывает при температуре 170 °С. Возможно приведение генератора в действие как термическим путем, так и электрическим. Электрический запуск осуществляется автоматикой, путем подачи тока, например, от датчиков дыма. В этом случае прибор улавливает дым и, не дожидаясь возгорания, принудительно запускает устройство пожаротушения.



Рис. 1. Генератор огнетушащего аэрозоля «Допинг 0.2»

**Огнетушитель порошковый самосрабатывающий ОСП-1 мини** [2] срабатывает при температуре 100–200 °С, защищаемый объем до 4 м<sup>3</sup>, стоимость около 630 руб. Огнетушитель представляет собой герметичный стеклянный сосуд, который заполняется огнетушащим порошком и специальным веществом – газообразователем. Малые массогабаритные размеры позволяют применять его в труднодоступных местах небольших объектов, тем самым обеспечивая возможность монтажа внутри купола для 3D-принтера.



Рис. 2. Огнетушитель порошковый самосрабатывающий ОСП-1 мини

**«ФОГ» микрокапсулы** [3] – это инновационная технология микрокапсулирования огнетушащего вещества «ФОГ» и новый уровень обеспечения пожарной безопасности. Температура срабатывания 120 °С, приблизительная стоимость 21000 руб. за упаковку 0,3 кг, при расходе 2–4 грамма вещества на литр защищаемого объема. Срабатывает независимо от систем оповещения, автоматических систем пожаротушения, аварийного отключения электроэнергии и «человеческого фактора», обеспечивает сохранность технических средств и предотвращает остановку производственных процессов. Продукция «ФОГ» подавляет возгорание химическим строением микрокапсул, прекращая его развитие в течение нескольких секунд. «ФОГ» микрокапсулы смешиваются с пентафталевыми эмалями любых цветов, и готовая паста наносится на металлические, деревянные и пластиковые поверхности. Покрытие «ФОГ» микрокапсулами рекомендуется для защиты от возгораний в малогабаритных закрытых объемах, что как раз

подходит для обеспечения принтеров индивидуальной защитой от пожара.



Рис. 3. Продукция «ФОГ» микрокапсулы

**Пиростикеры АСТ** [4] срабатывает при температуре 100 °С, объем, который можно защитить, зависит от габаритов плоского огнетушителя, приблизительная стоимость 6500 руб. для объема 180 л. Плоский огнетушитель пиростикер АСТ 180 считается интеллектуальной системой. Ведь он начинает действовать, как только температура достигает определенного значения. В состав плоского огнетушителя входят специальные капсулы, включающие огнетушащее вещество. Как и микрокапсулы «ФОГ», пиростикер обладает многообразным действием, им смело можно укомплектовать купол для автономной защиты 3D-принтера.



Рис. 4. Пиростикер АСТ 15

Таким образом, для разработки индивидуальной автоматической автономной системы пожаротушения принтера можно воспользоваться одним из вышеперечисленных устройств. Подбор и реализация

защиты зависят от типа и габаритов 3D-принтера, а так от того, будут ли эти устройства самостоятельно задействованы или в составе комплекса пожаротушения. С помощью такой системы можно обезопасить себя от внештатных и чрезвычайных ситуаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка и производство средств пожаротушения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.epotos.ru/produkciya/aerazolnoe-pozhargotushenie/doping-2-02/> (дата обращения: 11.03.2018).
2. Торговая сеть пожарного оборудования «Магазин 01» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.magazin01.ru/catalog/ognetushiteli/Samosrabatyvayuschie-ognetushiteli-i-moduli/Ognetushitel-OSP-1-mini/> (дата обращения: 11.03.2018).
3. Российские противопожарные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rosfiresystem.ru/magazin-2/product/fog-mikrokapsuly-upakovka-300-gramm> (дата обращения: 11.03.2018).
4. Пожарное оборудование и средства индивидуальной защиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://5050562.ru/shop/pozharnoe-oborudovanie/212-pirostikeryi/pirostiker\\_ast\\_180.html](http://5050562.ru/shop/pozharnoe-oborudovanie/212-pirostikeryi/pirostiker_ast_180.html) (дата обращения: 11.03.2018).

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ «СЕРВИС» С ЦЕЛЬЮ ПРИВЛЕЧЕНИЯ АБИТУРИЕНТОВ НА СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

*О.С. Трушкина, В.Е. Кяжина, студентки*

*Научный руководитель А.Э. Лебедева, ст. преподаватель*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, [lesyatrushkina@gmail.com](mailto:lesyatrushkina@gmail.com),*

*[vika-24.06.97@mail.ru](mailto:vika-24.06.97@mail.ru)*

*Проект ТУ-1703 «Организация исследования и разработка методов маркетинговой деятельности сервисного предприятия»*

В развитых странах в сфере сервиса занято около 70% трудоспособного населения. Всё больше абитуриентов при поступлении в высшее учебное заведение выбирают профессию в сфере обслуживания.

На данный момент в России 178 вузов проводят обучение по различным направлениям подготовки в сервисной деятельности [1]. Одним из таких вузов является ТУСУР, где получить образование по специальности «Информационный сервис» можно на кафедре телевидения и управления радиотехнического факультета.

В исследовании был проведен анализ учебной программы профиля подготовки «Информационный сервис» набора 2013 и 2016 гг., а также анализ программ других специальностей кафедры ТУ набора 2016 г. для проведения сравнения.

Проделанная работа помогла сформулировать проблему – специальность «Сервис» не в полной мере соответствует профилю подготовки «Информационный сервис», а также направлениям обучения кафедры телевидения и управления.

Актуальность исследования – специальность «Информационный сервис», являясь на сегодняшний момент наиболее популярной среди абитуриентов, не в полном объеме раскрывает свой потенциал в ТУСУРе. Планомерная работа по усовершенствованию программы подготовки приведет к увеличению потока абитуриентов в ТУСУР на данную специальность.

Цель работы – подготовка проекта по усовершенствованию учебной программы профиля подготовки «Информационный сервис», в целях привлечения абитуриентов на эту специальность, следствием чего будет являться увеличение коммерческой выгоды ТУСУРа в условиях рыночных отношений.

При выполнении проекта ставятся следующие задачи:

- Изучение истории радиотехнического факультета, кафедры ТУ, и направления профиля подготовки «Информационный сервис».
- Проведение анализа учебной программы «Информационный сервис» 2013 и 2016 гг. набора студентов и других учебных программ кафедры ТУ набора 2016 г.
- Предложение варианта усовершенствования учебной программы.
- Формулирование коммерческой идеи по созданию школы телевидения на базе кафедры телевидения и управления для ее детальной разработки и реализации в будущих групповых проектах обучения.

Предложение путей усовершенствования программы профиля подготовки невозможно без предварительного анализа данной программы. Но прежде была изучена история данной специальности, что она из себя представляет, каких специалистов готовит, роль специальности в ТУСУРе. Данная информация помогла перейти к рассмотрению учебной программы, ее анализу на соответствие требованиям профиля подготовки.

Был проведен анализ программы направления подготовки 43.03.01 «Сервис», профиль «Информационный сервис» кафедры телевидения и управления радиотехнического факультета ТУСУР и выявлено, в каком соотношении находятся изучаемые дисциплины, разделенные на обязательные для всех ВУЗов по всем направлениям обучения, технические, гуманитарные и экономические.

Разделение основано на Федеральном государственном образовательном стандарте [2], ОК, ОПК и ПК, представленные в самих анализируемых программах подготовки.

Составлены диаграммы, которые наглядным образом демонстрируют соотношение дисциплин разных направлений. Данные диаграммы представлены на рис. 1 и 2.

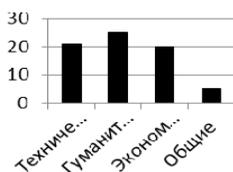


Рис. 1. Соотношение дисциплин программы профиля подготовки «Информационный сервис» набора 2013 года

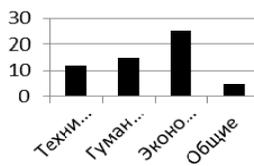


Рис. 2. Соотношение дисциплин программы профиля подготовки «Информационный сервис» набора 2016 г.

В проекте был отобран набор дисциплин, внедрение которых внесло бы положительный аспект в соответствие программы профилю подготовки, а также повлияло бы на заинтересованность данной специальностью все большего числа абитуриентов.

А также предложена коммерческая идея «Школа телевидения», основой которой является набор групп школьников 9–11 классов для преподавания им всесторонне процесса телевидения. Школьники, закончившие курсы школы телевидения будут иметь привилегии при поступлении на «Информационный сервис» кафедры ТУ ТУСУРА.

Таким образом, было предложено два пути привлечения абитуриентов на профиль подготовки «Информационный сервис» в ТУСУР.

При разработке путей усовершенствования учебной программы профиля подготовки «Информационный сервис» основной акцент был сделан на разноплановое изучение телевидения, поскольку данная специальность находится на кафедре ТУ, а также с учетом современных технологий и интересов молодого поколения, которое с каждым годом все больше интересуется процессом телевидения в системе массовой информации.

Предложенный путь усовершенствования программы в полной мере соответствует интересам выпускников школ, а также способен повысить конкурентоспособность вуза в условиях рыночной экономики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Специальность 100101 – Сервис (информационный сервис) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://guar.ru/guar/dep08/spec\\_page12.shtml](http://guar.ru/guar/dep08/spec_page12.shtml) (дата обращения: 15.02.2018).
2. ФГОС ВО по направлениям бакалавриата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4> (дата обращения: 26.02.2018).

**РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА,  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ КУРСА И УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ  
В СФЕРЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ 3D-ПРИНТЕРОВ**

*Э.В. Лешуков, В.Д. Антонов, В.В. Тукмаев, студенты*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ*

В настоящее время высокую популярность приобретают 3D-принтеры. Широкое использование потенциала трехмерной печати позволит экономить средства и время, а также повысить производительность. 3D-печать – это инструмент для расширения возможностей. За последние годы 3D-печать стала интересна большому количеству коммерческих организаций и потребителей. В настоящее время технология 3D-печати активно используется в различных отраслях: от медицины до космических летальных аппаратов. Но для функционирования принтеров необходимы квалифицированные специалисты, способные решать задачи их обслуживания. Специалисты, способных выполнять такую задачу практически отсутствуют. Необходимо повышать грамотность пользователей 3D-принтеров в этой сфере.

Программа повышения квалификации «Сервисное обслуживание и ремонт 3d-принтеров» готовит специалистов по ремонту и обслуживанию 3D-принтеров. Организация учебного процесса обеспечивает возможность обучающимся делать собственные логические выводы, адаптировать содержание к собственной практике и апробировать полученные умения при выполнении практических заданий»

Цель: получение всеми слушателями необходимых знаний, умений и навыков в области сервисного обслуживания и ремонта 3D-принтеров.

В связи с этим была поставлена задача разработать учебно – тематический план, рабочую программу курса, и учебное пособие.

В результате проделанной работы был составлен учебно-тематический план, содержащий аудиторные занятия (лекции и практические занятия), самостоятельную работу и их перечень. Список разделов и тем представлен ниже.

**Раздел 1. Обзор технологий.**

Тема 1. Обзор технологии FDM.

Тема 2. Обзор технологии SLA.

Тема 3. Обзор технологии DLP.

**Раздел 2. Принцип работы.**

Тема 1. Принципы работы FDM принтера.

Тема 2. Принципы работы SLA принтера.

Тема 3. Принцип работы DLP-принтера.

### **Раздел 3. Устройство принтера.**

Тема 1. Устройство FDM-принтера.

Тема 2. Устройство SLA-принтера.

Тема 3. Устройство DLP-принтера.

### **Раздел 4. Алгоритм технического обслуживания.**

Тема 1. Алгоритм технического обслуживания.

Тема 2. Алгоритм технического обслуживания фотополимерных принтеров.

### **Раздел 5. Основные неисправности и их устранение.**

Тема 1. Основные неисправности и их устранение FDM-принтера.

Тема 2. Тема 1. Основные неисправности DLP-принтеров и их устранение.

Тема 3. Основные неисправности SLA-принтеров и их устранение.

### **Раздел 6. Электроника, средства прошивки.**

### **Раздел 7. Запасные части и их аналоги.**

Программа повышения квалификации «Сервисное обслуживание и ремонт 3d-принтеров» знакомит слушателей с устройством, основными методиками диагностики и ремонта 3D-принтеров.

Программа разработана в соответствии с профессиональным стандартом «Специалист по мехатронике в автомобилестроении», федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Предполагается, что целевую аудиторию составят педагогические работники и руководители профессиональных образовательных организаций, средних образовательных школ, организаций дополнительного образования, работники предприятий в сфере 3D-технологий.

Форма обучения – очная, заочная, в том числе, с применением дистанционных образовательных технологий, индивидуальная форма обучения.

Итоговая аттестационная работа выполняется в виде проекта, который выполняется группой. К защите аттестационной работы допускаются слушатели, полностью выполнившие учебный план, не имеющие академической задолженности и представившие все необходимые для защиты документы. Работа защищается перед аттестационной комиссией и представляется с помощью доклада и презентации.

В результате проделанной работы был разработан учебно-тематический план программы «Сервисное обслуживание и ремонт 3D-принтеров», общей трудоемкостью – 48 часов. Разработана рабочая программа курса «Сервисное обслуживание и ремонт 3D-принте-

ров», содержащая 15 тем на 37 часов. Разработано учебное пособие по курсу на 55 страниц.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технологии 3D-печати [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ixbt.com/printer/3d/3d\\_tech.shtml](http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml)
2. Конструкция FDM-принтеров [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ixbt.com/printer/3d/3d\\_fdm.shtml](http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_fdm.shtml)
3. Канесса Э. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития / Э. Канесса, К. Фонда, М. Зеннаро. – Италия, 2013. – 192 с.
4. Цифровая светодиодная проекция (DLP) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://3dtoday.ru/wiki/DLP\\_print/](http://3dtoday.ru/wiki/DLP_print/)
5. Цифровая светодиодная проекция (DLP) в 3D-печати [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dprofy.ru/cifrovaya-svetodiодnaya-proekciya-dlp-v-3d-pe/>
6. Фотополимерный принтер 3D-SPrinter DLP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3deshnik.ru/forum/viewtopic.php?t=172>
7. Digital Light Processing (DLP) или цифровая обработка светом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://can-touch.ru/blog/3d-printing-dlp/>
8. Проблемы стереолитографии, детализация, пигмент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dtoday.ru/blogs/traliman/problems-sterеоlithography-detail-pigment-leveling-experience-creating/>

#### ЭТАПЫ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

*Л.А. Утарова, студентка*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент  
Томск, ТУСУР, каф. ТУ, l-utarova@mail.ru*

В современном мире без принятия управленческих решений никуда, так как это основной инструмент управляющего воздействия, ведь именно в разработке решений, их принятии, реализации и контроле заключается деятельность всего аппарата управления.

В зависимости от того насколько верным окажется решение определяется эффективность деятельности организации – если принятое решение окажется неэффективным, то и работа всех подразделений будет также неэффективна. Процесс принятия решений состоит из последовательности этапов и процедур и направлен на разрешение проблемной ситуации.

Управленческое решение – это развернутый во времени акт выбора альтернативы, осуществленный руководителем в рамках его должностных полномочий и компетенции и направленный на достижение целей организации.

Принятие управленческих решений представляет собой следующую последовательность этапов:

#### 1. Постановка задачи.

Первый шаг на пути решения проблемы – это её определение. Существуют два способа рассмотрения решений. Во-первых, проблемой считается ситуация, когда поставленные цели не достигнуты (узнать об этом можно потому, что не случается то, что должно было случиться). В таком случае наше воздействие на проблемную ситуацию будет срочным управлением.

Во-вторых, если проблема носит характер потенциальной возможности, т.е. поиск способов повышения эффективности какого-то подразделения, следует определить, что можно сделать для улучшения хода дела или для извлечения выгоды из предоставляющейся выгоды.

Необходимо выделить две фазы этапа диагностики сложной проблемы:

– это осознание и установление признаков затруднений или имеющихся возможностей. Признаки – это видимые стороны интересующей нас проблемы. То есть мы выявляем признаки проблемы по аналогии с симптомами болезней. Выявление этих симптомов и поможет определить главную проблему. Благодаря этому сократится количество факторов, которые следует учесть при принятии управленческих решений.

– выяснение причин, повлекших данные симптомы, которые могут обуславливаться множеством факторов. При этом необходимо учитывать, что не следует прибегать к незамедлительным действиям для устранения симптомов. Следует глубоко изучить и проанализировать всю работу, вникнуть в ее суть. И только потом сделать выводы и отместить неэффективные шаблонные либо стереотипные пути ее организации.

#### 2. Формулировка ограничений и критериев принятия решения.

Чтобы управленческие решения были не только реальными, но и осуществимыми следует принимать в расчет не только внутренние, но и внешние ограничения. Значит необходимо учесть недостаточность ресурсов организации – финансовых, временных, технологических, человеческих и даже морально-этические стороны. Все это не должно нарушать действующее законодательство ограничения. Ограничения корректирующих действий уменьшают возможность в принятии решений. Прежде чем перейти к следующему этапу процесса, руководителю необходимо беспристрастно и корректно выделить суть ограничений и только после этого выделить альтернативы. В дополнение к

идентификации ограничений определяются стандарты, по которым в дальнейшем будут оцениваться альтернативные варианты выбора, т.е. критерии принятия решений.

### 3. Определение альтернатив.

Следует тщательно сформулировать набор альтернативных решений проблемы. Выявить все возможные действия, которые в дальнейшем помогут устранить причины имеющихся проблем или проблемы и дать возможность достичь поставленной цели. Руководителю не следует ограничивать число вариантов выбора альтернатив, что часто происходит на практике. Серьезный подход к делу требует рассмотреть несколько вариантов.

### 4. Выбор лучшей альтернативы.

На данном этапе оцениваются достоинства и недостатки каждой альтернативы. Прогнозируются вероятные результаты их реализации. Следует иметь стандарты или критерии, которые помогут сопоставить варианты, сравнить их и отобрать наиболее оптимальный и продуктивный. На третьем этапе критерии выбора уже были установлены, и с их помощью будет сделан выбор наилучшей альтернативы.

### 5. Согласование решений.

В современных системах управления сложилась практика разделения труда, где одни работники подготавливают и разрабатывают решения, другие – принимают или утверждают, а третьи – выполняют. При такой системе задействован не только руководитель, а весь коллектив, который в дальнейшем реагирует на возникающие проблемы, ищет пути эффективности работы. При таком методе работы большое значение имеет стадия согласования

### 6. Управление реализацией.

Чтобы реализация решений была продуктивной и успешной, следует определить комплекс работ и ресурсов. Распределить их по срокам и исполнителям. Предусмотреть необходимые ресурсы, какие действия кто и когда должен предпринимать. Для выполнения крупных решений можно выработать программу реализации. Роль руководителя – осуществлять контроль за выполнением решений, оказывать своевременную помощь и вносить необходимые коррективы, если таковые потребуются.

### 7. Контроль и оценка результатов.

Когда решение окончательно введено в действие, процесс его принятия не может считаться полностью завершенным. Следует убедиться в том, оправдывает ли оно себя. Здесь потребуются контроль, который осуществит функцию обратной связи. Измерение и оценка последствий решения позволит сопоставить фактические результаты с теми, которые организация надеялась получить.

На процесс принятия решений влияют следующие факторы:

– личностные оценки руководителя – субъективное мнение о приоритетных задачах, акцент, например, на экономические проблемы, а не на социальные.

– факторы внешней среды – риск и неопределенность.

– умение снизить неопределенность, иметь дополнительную информацию, использовать накопленный опыт.

– успех не приходит сразу, для него необходимо время.

– использование системного подхода и взаимосвязь решений.

Руководитель через решения реализует свою управленческую деятельность и их качество влияет на дальнейшую судьбу фирмы, а именно на ее конкурентоспособность и прибыльность, поэтому данная тема, как и все смежные с ней, в полной мере актуальна для предпринимательской деятельности.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Белоганов В.А. Принятие управленческого решения как форма мыслительной деятельности. – Изд-во «Молодой ученый». – 2015, № 21. – С. 681–691.

2. Левина С.Ш., Турчаева Р.Ю. Управленческие решения: конспект лекций / С.Ш. Левина, Р.Ю. Турчаева. – Ростов н/Д.: Феникс, 2009. – 223 с.

3. Саак Э.А., Тюшняков В.Н. Разработка управленческого решения: в системе государственного и муниципального управления: учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2007. – 272 с.

### **РАЗРАБОТКА КОМПЕТЕНТНОСТНОЙ КАРТЫ НАБОРА ПРОГРАММ ДПО «УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ СЕРВИСА»**

*А.С. Валова, О.Д. Ильина, студентки*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, ValovaAnastasiaS@yandex.ru,  
ilina.olesya.97@mail.ru*

*Проект ГПО ТУ-1701 «Информационный сервис в сфере  
образования»*

Целью выполнения проекта является составление карты соответствия компетенций Федеральных государственных образовательных стандартов и профессиональных стандартов для формирования дополнительной профессиональной программы образования «Управление предприятием сервиса».

Характерной чертой современного общества является производство услуг, превышающее производство товаров. Именно поэтому

актуальность выбранной темы заключается в том, что стремительно расширяющаяся сфера услуг требует переподготовки и повышения квалификации кадров [1].

Практическая значимость заключается в том, что по результатам нашей работы может быть создана программа дополнительного профессионального образования, расширяющая сферу применения выпускников профиля «Информационный сервис».

При выполнении проекта ставятся следующие задачи:

1. Подбор профессиональных стандартов для дополнительной профессиональной программы «Управление предприятием сервиса».
2. Подбор направлений профессиональной деятельности для выпускников кафедры ТУ по направлению подготовки «Сервис».
3. Определение дополнительных компетенций подготовки выпускников для расширения сферы востребованности на рынке труда.

Первый этап работы над проектом – это выбор профессиональных стандартов, с учетом которых будет разработана дополнительная профессиональная программа.

Первичный отбор профессиональных стандартов проводился на основе анализа их наименований, по ключевым словам [2].

Далее была проанализирована функциональная карта вида профессиональной деятельности и выбраны соответствующие направления программы «Управление предприятием сервиса», обобщенные трудовые функции (ОТФ) и трудовые функции (ТФ) [2].

В соответствии с входящими в ТФ трудовым действиям (ТД) производился отбор ТФ и ОТФ. В результате этого этапа были отобраны профессиональные стандарты:

- ПС 33.008. Руководитель предприятия питания.
- ПС 33.007. Руководитель, управляющий гостиничного комплекса (сети гостиниц).
- ПС 33.005. Специалист по техническому диагностированию и контролю технического состояния автотранспортных средств при периодическом техническом осмотре.
- ПС 33.019. Специалист по выставочной деятельности в сфере торгово-промышленных выставок.
- ПС 40.049. Специалист по логистике на транспорте.
- ПС 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса.
- ПС 06.010. Инженер технической поддержки в области связи.

Результаты анализа (фрагмент) оформлены в виде табл. 1.

Следующий этап: сопоставление Федеральных Государственных Образовательных Стандартов(ФГОС) и Профессиональных Стандартов(ПС) [2].

На данном шаге были сопоставлены профессиональные и общепрофессиональные компетенции из ниже перечисленных ФГОС с трудовыми функциями из перечисленных выше ПС:

- ФГОС ВО 43.03.01 Сервис (Уровень бакалавриата);
- ФГОС ВО 43.04.01 Сервис (Уровень магистратуры);
- ФГОС ВО 43.03.02 Туризм (Уровень бакалавриата);
- ФГОС ВО 43.04.02 Туризм (Уровень магистратуры);
- ФГОС ВО 36.06.01 Экономика.

Результаты (фрагмент) представлены в табл. 2.

Далее, из каждой трудовой функции были выписаны трудовые действия, к каждому ТД были подобраны общепрофессиональные компетенции (ОПК) и профессиональные компетенции (ПК), а также, знания и умения из профессиональных стандартов [2]. Результаты этого этапа работы (фрагмент) представлены в табл. 3.

Таблица 1

**Анализ ТФ и ОТФ**

ОТФ		ТФ	
Код	Наименование	Наименование	Код
ПС 33.008 Руководитель предприятия питания			
В	Управление текущей деятельностью департаментов предприятия питания	Управление материальными ресурсами и персоналом департаментов предприятия питания	В/01.6
		Взаимодействие с потребителями и заинтересованными сторонами	В/02.6

Таблица 2

**Анализ ТФ и ОТФ**

ОТФ		Трудовые функции		ФГОС ВО 43.03.01 СЕРВИС	
Код	Наименование	Наименование	Уровень квалификации	ВПД	ПК
ПС 33.008 Руководитель предприятия питания					
В	Управление текущей деятельностью департаментов предприятия питания	Взаимодействие с потребителями и заинтересованными сторонами	6	Сервисная деятельность	ПК-9 ПК-11

Таблица 3

**Соответствие ПК с ТД**

			Необходимые умения	Необходимые знания
ТД	ПК-12	Оценка и планирование потребностей департаментов в материальных ресурсах и персонале	Осуществлять планирование и организацию деятельности департаментов гостиничного комплекса	Основы организации, планирования и контроля деятельности подчиненных

В результате работы для программы ДПО «Управление предприятием сервиса» было отобрано семь профессиональных стандартов, включающих пятнадцать ОТФ и сорок восемь ТФ.

Окончив данную программу ДПО, выпускник получает возможность работать на следующих должностях: руководитель предприятия, руководитель департамента (управления), руководитель отдела заместитель руководителя; управляющий; начальник бюро, начальник цеха; менеджер; специалист.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Кулапина Г.М., Чапурина Е.В. Управление предприятием сферы услуг: учеб.-метод. пособие. – Тольятти: Волж. ун-т им. В.Н. Татищева, 2006. – 90 с.
2. Каганов В.Ш. методические рекомендации-разъяснения по разработке ДПО на основе ПС. – М., 2015. – 26 с.

### **РАЗРАБОТКА КОМПЕТЕНТНОСТНОЙ КАРТЫ МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЫ «АКТИВНОЕ ЗРЕНИЕ РОБОТОВ»**

***А.О. Бакисова, Н.О. Власова, студентки***

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, bakisovaa@gmail.com*

*Проект ГПО ТУ-1701 «Информационный сервис в сфере образования»*

Под «роботом» в наиболее широком смысле в настоящее время понимают любое автономное мобильное техническое устройство, способное самостоятельно перемещаться, ориентироваться в пространстве и выполнять определенные действия в автоматическом или автоматизированном режиме. В любом случае возникает задача получения и анализа визуальной информации об окружающем мире, на основе которой затем формируется автоматическое управление исполнительными органами робота.

Робототехнические комплексы внедряются в области образования, промышленности, сельского хозяйства, медицины, космонавтики, спорта. Роботы-манипуляторы применяются в космических летательных аппаратах, луноходах и марсоходах для проведения научных экспериментов в условиях дистанционного управления.

Для разработки магистерской программы по направлению «Активное зрение роботов» необходимо было пройти несколько этапов разработки образовательных программ. Целью являлась разработка компетентностной карты магистерской программы, т.е. проведение

соответствий между профессиональными стандартами (ПС) и Федеральных государственных стандартов (ФГОС).

Первичный отбор ПС проводится на основе анализа их наименований. Далее надо проанализировать функциональную карту вида профессиональной деятельности и выбрать соответствующие направления (профиллю) программы обобщенные трудовые функции (ОТФ) и (или) трудовые функции.

Исследовались профессиональные стандарты, подходящие к направлению магистратуры «Активное зрение роботов». Проводился поиск по словам «съемка», «видео», «анализ», «изображение», «робот», «зрение». Самыми подходящими ПС являются следующие:

1. Оператор систем дистанционного контроля работ в высоких радиационных полях.

2. Оператор демонтажных роботов для работ в высоких радиационных полях.

3. Специалист по оказанию космических услуг на основе использования данных дистанционного зондирования Земли из космоса.

4. Специалист по разработке и созданию квантово-оптических систем для решения задач навигации, связи и контроля космического пространства.

5. Специалист по применению геоинформационных систем и технологий для решения задач государственного и муниципального уровня.

6. Инженер по приборам ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов в ракетно-космической промышленности.

7. Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники.

Далее необходимо найти ФГОС, соответствующий направленности программы, и сопоставить зафиксированные в нем требования к результатам подготовки с описанием квалификации в ПС. Наиболее подходящими ФГОСами являются бакалаврские и магистерские ФГОСы по направлениям «Радиотехника»(11.03.01 и 11.04.01) и «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (11.03.02 и 11.04.02).

#### **Сопоставление описания квалификации в профессиональном стандарте с требованиями к результатам подготовки по ФГОС ВО**

Оператор демонтажных роботов для работ в высоких радиационных полях (24.070)	ФГОС 11.04.01 Радиотехника
Обеспечение координации проведения всех технологических процессов при использовании группы мобильных демонтажных робототехнических систем для выполнения ими совместной работы	ПК-15 (организационно-управленческая)

Виды профессиональной деятельности, освоение которых предусмотрено ФГОС ВО являются «сквозными», поэтому при сопоставлении необходимо найти те, которые служат основой овладения выбранной квалификацией.

Выводы, которые можно сделать на основе сравнения, могут содержать формулировки требований к результатам освоения программы с использованием терминологии, принятой в образовании, и должны обеспечивать их соответствие как ФГОС, так и профессиональным стандартам.

Чтобы расширить компетенции выпускников направления магистратуры «Активное зрение роботов» необходимо выбрать те виды профессиональной деятельности (ВПД), которые чаще всего подходили к выбранным функциям ПС.

Больше всего подходят такие виды профессиональной деятельности, как организационно-управленческая и проектно-технологическая деятельности.

Так как использовались для изучения несколько ФГОСов, необходимы дополнительные программы, которые относятся к инфокоммуникациям, для расширения компетенции выпускников.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации-разъяснения по разработке дополнительных профессиональных программ на основе профессиональных стандартов [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/support/43/5/8> (дата обращения: 23.03.2017).
2. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ.
3. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 N 273-ФЗ.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВА ПЕКАРНИ

*К.С. Жиленкова, студентка*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, к.т.н., доцент  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, [vadim.tusur@mail.ru](mailto:vadim.tusur@mail.ru)*

Проблема оптимизации затрат на закупку сырья актуальна для предприятий различной направленности и отрасли.

В данной статье приводится пример нахождения оптимального количества сырья необходимого для производства товара предприятия.

Объектом исследования данной работы является предприятие «Алтайский медовый пряник». Оно основано в городе Барнауле в 2015 г. и занимается производством пряников. Принципиальной осо-

бенностью производства является исключительно натуральные продукты.

В данной работе для определения оптимального количества сырья, используется метод математического моделирования.

Для математической постановки данной задачи требуется определить переменные соответствующей задачи оптимизации, задать целевую функцию и обозначить ограничения, которые позволят представить исходную задачу как стандартную задачу линейного программирования.

Поле «Целевая функция» – это ячейка, которая содержит формулу, значение которой нужно оптимизировать, либо сделать равным конкретному значению.

Ограничения – это условия или соотношения, которым должны удовлетворять некоторые из изменяемых ячеек (переменных).

Поиск решения заключается в том, чтобы подобрать такие значения переменных, которые давали бы оптимальные значения для формулы в целевой ячейке.

Итак, по основным видам производимых пряников известны следующие величины:

1. расход сырья на производство единицы продукции ( $a_{ij}$ );
2. цена единицы продукции ( $c_i$ );
3. необходимое количество продукции для производства ( $s_i$ ).

Переменные представляют собой необходимое количество продукции каждого вида  $x_1, x_2, x_3$ .

Целевая функция, характеризующая максимизацию прибыли, будет иметь вид:

$$F_1 = \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \max,$$

где  $x_i$  – оптимальное количество  $i$ -й продукции;  $c_i$  – цена  $i$ -й продукции (руб.).

Так же необходимо определить ограничения. При производстве нужно учесть, что потребности в сырье не должны превышать его наличие:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_i \leq b_j,$$

где  $a_{ij}$  – количество  $j$ -го вида сырья для  $i$ -го вида продукции;  $b_j$  – запасы  $j$ -го вида сырья  $x$  продукции.

А количество производимой продукции должно отвечать требованиям спроса  $x_i \geq s_i$ , где  $s_i$  – уровень спроса для каждого  $i$ -го вида продукции.

Также переменные  $x_1, x_2, x_3$  не должны быть отрицательными.

Таким образом, используя данные (табл. 1), математическая модель производства продукции будет иметь следующий вид:

$$F(x) = 300x_1 + 80x_2 + 250x_3 \rightarrow \max.$$

Таблица 1

Сырьё	Нормы расхода сырья (гр)		
	Большой пряник	Малый пряник	Кокосовый пряник
Мука пшеничная высшего сорта	30	10	20
Мёд	20	5	
Сахар	40	8	20
Пюре ягоды	100	10	80
Глазурь шоколадная	50		
Масло сливочное	10	3	8
Яйцо куриное	15	5	10
Какао порошок	25	8	
Пряности	5	1	
Сода пищевая	2	0,5	1
Пектин	3	0,5	2
Глазурь из белого шоколада			30
Кокосовая стружка			15
Кокосовое молоко			10
Потребность (шт)	400	200	200
Цена (руб)	300	80	250

Оптимальному решению задачи отвечает максимальное значение целевой функции при следующих условиях и ограничениях.

1. Ограничение на выполнение требуемых объемов:

$$x_1 \geq 500; \quad x_2 \geq 300; \quad x_3 \geq 300.$$

2. Ограничение на расход материалов:

$$30x_1 + 10x_2 + 20x_3 \leq y_1;$$

$$20x_1 + 5x_2 \leq y_2;$$

.....

$$10x_3 \leq y_{14}.$$

где  $y$  – уровень вместительности данного сырья на складе.

Решение поставленной задачи найдено при использовании пакета MS Excel, надстройки «Поиск решения». Во вкладке «Данные» выбираем пункт «Поиск решения» (для MS Excel 2013 г.). В открывшемся окне выбираем поле «Оптимизировать целевую функцию» и выбираем ячейку, в которой находится целевая функция. Устанавливаем оп-

тимизацию целевой ячейки до максимального значения. В поле «Изменяя ячейки переменных», выбираем диапазон ячеек, содержащие данные о количестве реализуемой продукции каждого вида –  $x_i$ . В разделе «В соответствии с ограничениями нажимаем кнопку «Добавить» и выбираем ячейки с созданными ограничениями. После того как были установлены все параметры, нажимаем кнопку «Найти решение» и получаем решение поставленной задачи. Целевая функция равна 202000 руб.

Полученные результаты, свидетельствуют о том, что при плане производства «Большого пряника» в количестве 400 штук, «Малого пряника» в количестве 400 штук, «Кокосового пряника» в количестве 200 штук при заданном уровне объема продаж оптимальное количество необходимого сырья имеет следующее значение (табл/ 2). При этом реализация данного количества изделий принесет выручку в размере 202000 руб.

Таблица 2

**Оптимальное количество требуемого сырья**

Сырьё	Расход материала (г)
Мука пшеничная высшего сорта	20000
Мёд	10000
Сахар	23200
Пюре ягоды	60000
Глазурь шоколадная	20000
Масло сливочное	6800
Яйцо куриное	10000
Какао порошок	13200
Пряности	2400
Сода пищевая	1200
Пектин	1800
Глазурь из белого шоколада	6000
Кокосовая стружка	3000
Кокосовое молоко	2000

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем: учеб/ пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 432 с.
2. Лютова И.И. Моделирование оптимальных объемов производства продукции // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. – 2012, № 6. – С. 368–371.
3. Семиглазов А.М., Семиглазов В.А. Компьютерное моделирование управленческих решений: Сборник задач, 2012. – 53 с.

## **ПОДСЕКЦИЯ 1.6**

### **ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА**

*Председатель – Демидов А.Я., проф. каф. ТОР, к.ф.-м.н.  
зам. председателя – Гельцер А.А., зав. каф. ТОР, к.т.н.*

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИМО В ЛИНИЯХ СВЯЗИ LTE**

*Х. Бекхожаев, К. Тилемис, Д. Турысжан, магистранты*

*Научный руководитель С.И. Богомолов, доцент, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, dariya.tdk@gmail.com*

Проект 3GPP завершил спецификацию стандарта LTE. Принятие развертываний и разработок LTE большинством мировых операторов и поставщиков делает его лидером рынка беспроводных систем связи 4G. В качестве обзора изложим фундаментальные технологии, которые сформировали дизайн радиointерфейса LTE.

LTE работает на двух различных типах радиолиний: нисходящий (DL, от БС к абоненту) и восходящий (UL, от абонента к БС). Так LTE использует оптимальный способ беспроводных подключений в обоих направлениях, обеспечивающие лучшую оптимизацию сети и лучшее время автономной работы на устройствах LTE [1].

Для DL LTE использует воздушный интерфейс OFDMA. Он предусматривает наличие МИМО, то есть устройства имеют несколько соединений с одной ячейкой, что повышает стабильность и общую пропускную способность соединения.

Для UL LTE использует схему DFTS-OFDMA для генерации сигнала SC-FDMA. SC-FDMA лучше подходит для UL, поскольку он имеет лучшее отношение мощности к среднему значению по OFDMA для UL. Многие преимущества обычного OFDMA теряются из-за слабого сигнала от устройства с поддержкой LTE к БС, так как для сбережения времени работы от батареи, устройства жертвуют мощностью сигнала.

Представленные в LTE технологии МИМО, такие как пространственное мультиплексирование, разнесение передачи и формирование

луча, являются ключевыми компонентами для обеспечения более высокой пиковой скорости с лучшей эффективностью системы, которые необходимы для поддержки будущей широкополосной передачи данных по беспроводным каналам связи. Схема MU-MIMO поддерживается как в UL, так и в DL стандарта LTE. В UL БС может всегда планировать более одного МС для передачи в том же ЧВР, который формирует конфигурацию передачи MU-MIMO. Но для того, чтобы БС мог правильно дифференцировать и демодулировать сигналы этих МС, БС должен назначать ортогональные опорные сигналы для этих МС, запланированных для передачи MU-MIMO. Для слота и подкадра в каждой ячейке последовательность Задова-Чу (ПЗЧ) определяется как базовая последовательность для опорных сигналов UL. Каждому МС, запланированному для передачи MU-MIMO, присваивается отличное значение циклического сдвига (СР), и МС объединяет это значение СР со знанием базовой ПЗЧ, чтобы сформировать опорную сигнальную последовательность, которая ортогональна к последовательностям других МС. Значение СР всегда содержится в контрольной сигнализации, которую МС должно принимать для передачи данных по UL, независимо от того, работает ли MU-MIMO или нет. В DL, если МС сконфигурировано чтобы быть в режиме передачи MU-MIMO, БС может планировать несколько МС, которые настроены для работы в режиме передачи MU-MIMO, в том же ЧВР. Также МС получает только информацию о своей собственной матрице прекодирования. Затем МС декодирует информационные данные, используя общий опорный сигнал, вместе с информацией прекодирования, полученной из управляющей сигнализации [2].

Основные проблемы реализации приемника MU-MIMO это быстрая оценка и выравнивание каналов, надежное многопользовательское подавление помех и сложность. Реализованный метод заключается в структуре приемника, используемой МС, не подозревающая о помехах, создаваемых сигналом для другой МС. Хотя алгоритм планирования минимизирует помехи, основанные на геометрическом выравнивании каналов и прекодеров, остаточные помехи все еще значительны. Детектор максимального правдоподобия (ML) оптимальный, но экспоненциально сложный по мере увеличения количества антенн или размера алфавита передачи. В порядке убывания сложности ряд субоптимальных методов варьируется от последовательной интерференционной отмены до простых линейных детекторов. Линейные детекторы, например критерии нулевого принуждения (ZF) или минимальной среднеквадратической ошибки (MMSE), значительно менее сложны, чем ML, но эти детекторы могут понести значительную потерю про-

производительности в каналах замирания, в частности, в коррелированных каналах.

Другим подходом для надежного обнаружения LTE DL/UL является приемник с низким уровнем сложности (IA), который использует структуру остаточных помех. Также приемник снижает сложность обнаружения системы на один комплексный размер. Так он применим к МС с одиночной антенной, которые не обладают пространственными степенями свободы для отмены или ослабления помех через фильтры ZF или MMSE. Этот приемник с низкой сложностью, основанный на выходах согласованного фильтра (MF) и лишенный любой операции деления, подходит для реализации в существующем оборудовании [3].

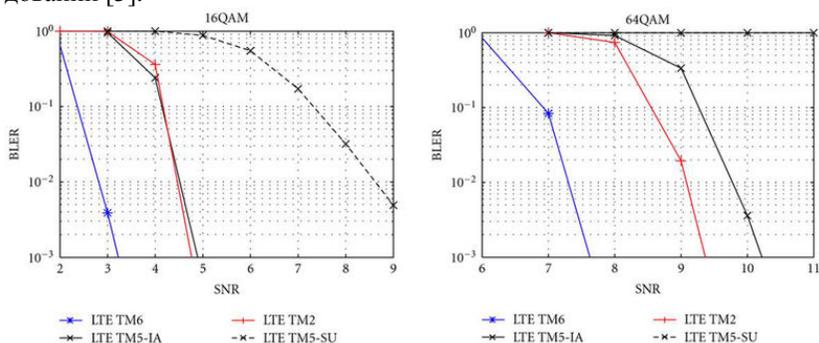


Рис. 1. Сравнение BLER от SNR (дБ) однопользовательского приемника и приемника IA в TM5

Сравнение производительности приемника IA со стандартным приемником для режима передачи 5 (TM5) приведено на рис. 1.

Для сравнения рассмотрим разнесение передачи с резервированием (TM2) и схемы SU-MIMO с замкнутым контуром (TM6). Мы рассматриваем идеальную систему OFDM и анализируем систему в частотной области, где канал имеет комплексные гауссовские матричные записи с единичной дисперсией и независимо генерируется для каждого использования канала. Не принимается управление мощностью в режиме MU-MIMO, поэтому два МС имеют равное распределение мощности. Предполагается, что МС знает свой собственный канал от БС, поэтому в режиме MU-MIMO МС может найти эффективный канал помех на основании того, что БС планирует второе МС на том же ресурсном элементе. MCS для конкретного пользователя одинакова в каждом наборе симуляций. Поэтому, когда одно МС обслуживается с определенным MCS в TM6 или TM2, два МС обслужи-

ваются с той же схемой кодирования модуляции (MCS) в режиме MU-MIMO (TM5), что удваивает суммарную спектральную эффективность.

#### ЛИТЕРАТУРА

6. Rumney M. LTE and the Evolution to 4G Wireless. – 2nd edition. – Aligent Technologies, Chichester, UK. – 2013. – С. 80–85.

7. S.Sesia, M.Baker, I.Toufik. LTE–The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice. – 2nd edition. – John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK. – 2011. – С 270–274.

8. Sibille A., Oestges C., Zanella A. MIMO: From Theory to Implementation. – Elsevier, Oxford, UK. – 2011. – С. 99–101.

### ИЗУЧЕНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ АВТОКОРРЕЛЯЦИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ В СИНХРОНИЗАЦИИ LTE

*Х. Бекхожаев, К. Тилемис, Д. Турысжан, магистранты*

*Научный руководитель С.И. Богомолов, доцент, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, k.tilemisova@mail.ru*

Пользовательское оборудование (МС), желающее получить доступ к ячейке LTE, должно сначала выполнить процедуру поиска соты, которая состоит из серии этапов синхронизации, посредством которых МС определяет временные и частотные параметры, необходимые для демодуляции DL и для передачи сигналов UL с правильной синхронизацией [1]. В системе LTE могут быть идентифицированы три основных требования к синхронизации:

1. Получение синхронизации символа и кадра, с помощью которого определяется правильное положение начала символа, например, для установки положения окна дискретного преобразования Фурье (ДПФ).

2. Синхронизация несущей частоты, которая необходима для уменьшения или устранения эффекта ошибок частоты, возникающих из-за несоответствия локальных генераторов между передатчиком и приемником, а также доплеровского сдвига, вызванного любым движением МС.

3. Синхронизация синхроимпульсов.

Процедура поиска соты в LTE начинается с синхронизации, использующей два специально разработанных физических сигнала, которые передаются в каждой ячейке: сигнал первичной синхронизации (PSS) и сигнал вторичной синхронизации (SSS). Обнаружение этих двух сигналов не только позволяет синхронизировать время и частоту, но также предоставляет МС-идентификатор физического уровня

ячейки и длину циклического префикса (CP) и информирует MC, использует ли ячейка FDD или TDD. Конкретные последовательности, которые передаются для PSS и SSS в данной ячейке, используются для указания идентификатора ячейки физического уровня для MC. Три последовательности PSS используются для указания идентификатора ячейки внутри группы. PSS использует последовательности Задова-Чу (ПЗЧ). Она широко используется в LTE, в том числе для опорных сигналов UL-связи и преамбул произвольного доступа в дополнение к PSS [2].

ПЗЧ представляют собой не двоичные единичные амплитудные последовательности, которые удовлетворяют CAZAC. ПЗЧ нечетной длины NZC дается формулой

$$a_q(n) = \exp \left[ -j2\pi q \frac{\frac{n(n+1)}{2} + l \cdot n}{N_{zc}} \right], \quad (1)$$

где  $q \in \{1, \dots, N_{zc} - 1\}$  – индекс корня ПЗЧ,  $n = 0, 1, \dots, N_{zc} - 1$ ,  $l \in N$  – любое целое число. В LTE для простоты используется  $l = 0$ .

ПЗЧ и ее  $N_{zc}$  – точка ДПФ имеют постоянную амплитуду. Свойство постоянной амплитуды ограничивает коэффициент мощности от пика до среднего и генерирует ограниченные и временные помехи для других пользователей. Это также упрощает реализацию, поскольку должны быть вычислены и сохранены только фазы, а не амплитуды.

ПЗЧ любой длины имеют «идеальную» циклическую автокорреляцию (т.е. корреляция с ее циклически сдвинутой версией является дельта-функцией). Свойство нулевой автокорреляции может быть сформулировано как

$$r_{kk}(\sigma) = \sum_{n=0}^{N_{zc}-1} a_k(n) a_k^*[(n+\sigma)] = \delta(\sigma), \quad (2)$$

где  $r_{kk}(\sigma)$  – дискретная периодическая автокорреляционная функция  $a_k$  при задержке  $\sigma$ . Это свойство представляет большой интерес, когда принятый сигнал коррелирует с эталонной последовательностью, и принятые опорные последовательности смещены. В качестве примера на рис. 1 показано различие между периодической автокорреляцией усеченной последовательности псевдошумов (PN) и ПЗЧ. В этом примере обе длиной 839 символов. Периодическая автокорреляция ПЗЧ равна нулю при  $\sigma \neq 0$  и отлична от нуля при  $\sigma = 0$ , тогда как периодическая автокорреляция PN показывает значительные пики, некоторые выше 0,1 при ненулевых задержках. Основным преимуществом свойства CAZAC является то, что он позволяет создавать несколько орто-

гональных последовательностей из одной и той же ПЗЧ. Действительно, если периодическая автокорреляция ПЗЧ обеспечивает один пик при нулевой задержке, периодическая корреляция одной и той же последовательности с ее циклически сдвинутой репликой обеспечивает пик при отставании на  $N_{cs}$ , где  $N_{cs}$  – количество выборок циклического сдвига. Это создает зону нулевой корреляции (ZCZ) между двумя последовательностями. В результате, пока ZCZ имеет размеры, чтобы справиться с максимально возможной смещением времени между ними, две последовательности ортогональны для всех передач в течение этого смещения времени [3].

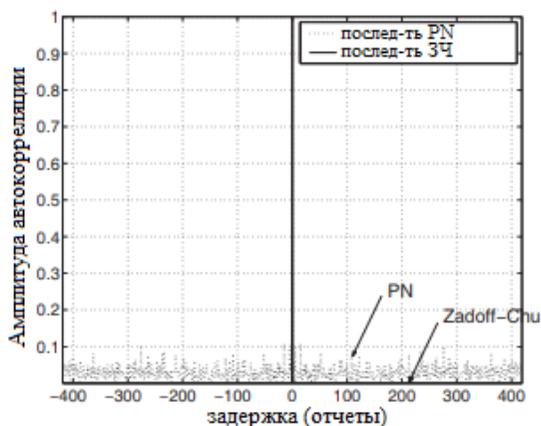


Рис. 1. Периодические автокорреляционные функции последовательности псевдослучайных и последовательности Задова-Чу

Абсолютное значение циклической функции взаимной корреляции между любыми двумя ПЗЧ является постоянным и равно  $1/\sqrt{N_{zc}}$ , если  $|q_1 - q_2|$  (где  $q_1$  и  $q_2$  – индексы последовательности) сравнительно просто в отношении к  $N_{zc}$  (условие, которое легко можно гарантировать, если  $N_{zc}$  – простое число). Взаимная корреляция  $\sqrt{N_{zc}}$  во всех задержках достигает теоретического минимального значения взаимной корреляции для любых двух последовательностей, которые имеют идеальную автокорреляцию. Другим полезным свойством ПЗЧ является то, что ДПФ ПЗЧ  $x_u(n)$  (1) представляет собой взвешенную циклически сдвинутую ПЗЧ  $X_u(k)$ , такую, что  $w = -(1/\underline{u}) \bmod N_{zc}$ . Это означает, что ПЗЧ может быть сгенерирована непосредственно в частотной области без необходимости операции ДПФ.

## ЖИТЕПАТҮПА

1. Rumney M. LTE and the Evolution to 4G Wireless. – 2nd edition. Aligent Technologies, Chichester, UK. – 2013. – C. 112–119.
2. Sesia S., Baker M., Toufik I. LTE – The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice. – 2nd edition. – John Wiley&Sons Ltd, Chichester, UK. – 2011. – C. 153–159.
3. Cox C. An Introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE and 4G Mobile Communications. – 1st Edition, 2012. – 113 c.

## HOME AUTOMATION FOR DISABLED PEOPLE

**T. Behr, B. Baldanov**

*Scientific adviser E. Rogozhnikov, Associate Professor, Ph.D.  
s. Tomsk, TUSUR, hero1994@mail.ru*

Over the years people are bound to start losing some of their physical abilities. However, most wish to stay at home.

Nowadays, sound accompanies us on a daily basis. It allows us to exchange, warns us against dangers, gives information and creates well-being. In a world where interconnection is ubiquitous, people would benefit from natural intuitive an interface combining sound and voice.

Our project consists in designing a system that will give you the opportunity to control anything, from anywhere in your home using voice. It'll allow you to take care of yourself and your health while controlling your home without lifting a finger.

**Our ideas.** We initially offer a basic product consisting of a Nano computer and a loudspeaker network with integrated microphone. On this Nano computer is a voice assistant based on Kalliope assistant. The Kalliope assistant is a modular always-on voice controlled personal assistant designed for home automation. Kalliope is based on audio input recognition, so it recognizes an order pronounced by the user and then execute actions attached to the order.

This basic package allows:

- Management of connected equipment (already existing or not).
- The search for information on the Internet, Call management.

To make our product modular and customizable, we offer seven additional plug-in packages:

- Lighting package.
- Heating pack.
- Pack management of opening doors.
- Security pack.
- Pack helps memory.

- Fall alert pack.
- Telemedicine pack.

**Kaliopé programming.** Kaliopé is based on audio recognition, that is to say it recognizes a sound, or an order caused or spoken by the user and then performs the actions (neurons) attached to the order or sound. The association between an «order» and a list of «neurons» is called «synapse». The synapses are placed in the brain of Kaliopé that is in the Nano computer (Fig. 1).

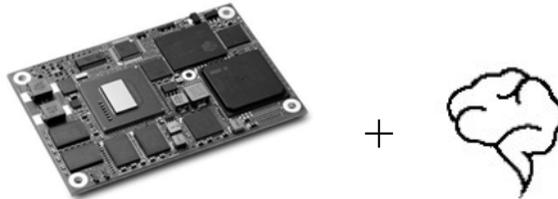


Fig. 1. Representation of our system

The idea is to compose Kaliopé's brain using synapses, which are composed of a list of neurons (plugins).

A synapse is therefore a pair made up of an input, which is called a signal, and a list of plug-ins to be used as an output, which is called a neuron. All this in the form of a configuration in a YAML file (this is a data serialization language designed to be readable by humans and working well with modern programming languages for everyday tasks).

Let's take as an example that Kaliopé says «hello Sir» when the user says «hello» [1]:

```

1  1    - name: «hello-world»
2  2    signals:
3  3    - order: «hello»
4  4    neurons:
5  5    - say:
6  6    message:
7  7    - «hello Sir»

```

Here we describe a «hello-world» synapse, which is executed on the command «say hello» and activates the neuron of type «say». This neuron makes it possible to make Kaliopé speak, it takes as parameter a message that will be pronounced by the bot.

Finally, when we say, «say hello», Kaliopé answers «hello Sir».

In this example, we use the neuron (plugin) «say», which makes it possible to make the bot speak.

**Functional principle.** Kalliope follows the following operating principle: it receives control of the equipment to be controlled, centralizes its controls and makes various modes of interaction available to its users[2]. In addition to the voice assistant, we thought it would be useful to keep or install all other interfaces that could not only best accompany clients, but also caregivers or family members.

Kalliope is thus composed of three groups of materials, each with its own specific role:

- The elements responsible for transmitting Kalliope's orders to the controlled equipment.
- The heart of the system, which centralizes the commands and interprets the wishes of the user.
- The modes of interaction that the user will manipulate in order to express his wishes.

**Conclusion.** Our assistant is a tool that allows everyone to control their environment intuitively and naturally. These features of ubiquity, modularity and its bidirectional use make it innovative in a market that is largely invaded by voice assistants.

By simplifying the management of connected objects, our wizard makes the connected home accessible to everyone.

In the long run, why not imagine associating our voice assistant with a visual command? The user will also be able to control his habitat with his eyes. In this way, we will open up the possibility for people who cannot use their voice to control their environment with their eyes.

#### REFERENCES

1. Kalliope [Electronic resource]. – Access: <https://github.com/kalliope-project/kalliope>
2. Kalliope: un assistant vocal pour votre Raspberry Pi (installation) [Electronic resource]. – Access: <https://www.yubigeek.com/kalliope-assistant-vocal-raspberry-pi>

## AUTOMATION OF THE ENVIRONMENT FOR ELDERLY

*Z. Abishev, D. Adrien, students of TOR chair*

*Scientific adviser E. Rogozhnikov, Associate Professor, Ph.D.*

*s. Tomsk, TUSUR, zabir.70rus@gmail.ru*

Destination of that work is the acquisition of skills in the development of new devices for environment automation for elderly.

The main task was the creation of the concept of the device that create the conditions for older people and their loved ones to live freer, more independent and as long as possible in the environment they have chosen.

Technology is another lever of ideas and opportunities. Even if today it «can do almost everything», we must not forget that it is only a tool in the service of man, to ensure respect for a man and improve the human condition. A condition in which he must remain master.

It is in this state of mind that we approached and developed created the concept of our technology «The foot, dashboard of autonomy».

To remain autonomous in time and in all our environments, we must have a unique tool, personalized and that proposes a global approach to our situation.

The foot, thanks to its 7,000 nerve endings and walking, naturally links us to all parts of our body and to all our environments. Its capabilities multiplied by digital sensors can make it a connected interface with a new potential to interact with all our environments. A dashboard of which each remains the master and which ensures him the watch, the communication and the capacity of action, essential to his autonomy.

Main accent in a dashboard is the issues related to the loss of autonomy and its consequences on the integration of the person into the environment. In all its living spaces: the body, the habitat, and the city.

Thanks to the foot, we can also interact with the environment. Digital sensors will be able to communicate in a simple way with all connected objects, at home and abroad. We will collect and transmit data, interact with the connected world to take advantage of the possibilities it offers us. We have an unprecedented response in terms of accessibility, security, mobility, health, social link, communication, and services. Therefore, these connected soles could become the first unique and global solution to our autonomy.

An innovative solution that allows you to cope with the loss of autonomy, connected glue soles, it is a unique product, simple, customizable, which offers a global approach to every situation.

For most convenient using the soles are composed mostly of a multitude of pressure sensors (about 250), placed on specific locations corresponding to the nerve endings. The pressure sensors are designed to convert pressure variations into voltage variations. There are different sensors, which differ is the accuracy, the linearity of the measurement or the unit of measurement. Most suitable sensors are both very small so that they can be integrated into the sole (about 5 mm) but sensitive to the

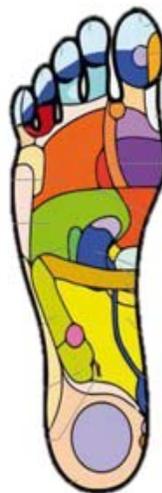


Fig. 1. Illustration of the foot with its nerve endings

slightest pressure and pressure difference. Then, the data of these sensors is processed with the internal electronic part of the soles.

The accelerometer makes it possible to measure the acceleration of the 3 orthogonal axes. Accelerometers are widely used in mobile devices such as smartphones, touch tablets, connected watches and bracelets but also in the controllers of video game consoles and drones. They detect inclination, acceleration, vibrations and shocks to manage in particular the orientation of the screen in portrait (vertical) or landscape (horizontal), stabilize the image of the photo sensor or recognize the movements with video games. They allow to know how is oriented your object in relation to the earth. In our case, the accelerometer will aim to have information on the movements of the person or his position and can determine the quality of sleep or a fall.

For the safety or the good of people, GPS is a flagship feature of our product. Therefore, the insoles will include a GPS chip. Indeed, if the person wants it, it can be geolocated by a caregiver, or his journey can be traced. In the context of a personal use, the GPS allows knowing the distance, the speed or the path traveled. It is essential in particular for the connection with the infrastructures connected in the cities. Wi-fi system will be mainly used for communication with the home and the home automation system. For a direct, instant and short distance communication between our insoles and another interface we able to use the Bluetooth. Integration of Bluetooth in our insoles allows exchanging data with interfaces such as a smartphone or tablet wherever the user is. Also, there are other very specific sensors could be integrated into the soles. These sensors measure heart rate, blood pressure, body temperature, skin hydration, blood sugar levels and calcium levels in the muscles.

The developed concept of soles allows remote treatment of certain diseases or intradermal administration of active substances at a distance. The goal is to reduce the response time in case of emergency. As for the home automation system, the soles will connect the mobile application. Predefined scenarios for each room according to the wishes of the user, will be activated as soon as its presence will be detected via the GPS system. The soleplate will also transmit information on the state of the home automation system: the state of the alarm system, the locking of the entrance door, the gas leak, etc. Finally, the application can interact with all the connected objects that the user will find on his way during his trips outside.

## REFERENCES

1. Plantar reflexology – ScienceDirect [electronic resource]. – Access: [http://mnlemasson.free.fr/qu\\_est\\_ce\\_que\\_la\\_reflexologie\\_\\_074.htm](http://mnlemasson.free.fr/qu_est_ce_que_la_reflexologie__074.htm) (reference date: 15.09.2018)/

2. The living conditions of elderly people living at home according to the HID survey – ScienceDirect [electronic resource]. – Access: <https://www.cairn.info/revue-francaise-des-affaires-sociales-2003-1-page-103.html> (reference date: 05.10.2017).

3. Shoes connected to big data, tomorrow's health is emerging in Tokyo. – ScienceDirect [electronic resource]. – Access: <http://www.clubic.com/mobilite-et-telephonie/objets-connectes/actualite-782220-capteurs-big-data-sante-connectee-demain-dessine.html> (reference date: 13.11.2018).

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ЭФФЕКТИВНОГО КОДИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ЛЕМПЕЛА–ЗИВА**

*Н.В. Дуплищева, студентка*

*Научный руководитель А.С. Бернгардт, доцент, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, nata120513@mail.ru*

**Цель работы.** Исследование и программная реализация алгоритмов семейства Лемпела–Зива и создание на их базе цикла лабораторных работ для использования в учебном процессе кафедры РТС ТУСУРа.

Важным этапом обработки, позволяющим увеличить скорость передачи является сжатие информации, т.е. сокращения объема.

Эффективное кодирование применяют, когда исходную информацию важно восстановить после сжатия сообщения в неискаженном виде.

Наиболее распространенными алгоритмами сжатия без потерь в настоящее время являются: код Шеннона–Фано; код Хаффмана; код Лемпела–Зива.

Главный недостаток кодов Шеннона–Фано и Хаффмана заключается в том, что для их применения нужна статистика источника, то есть вероятности появления букв (или их комбинаций).

Код Лемпела–Зива свободен от недостатка кодов Шеннона–Фано и Хаффмана. Здесь кодовая таблица, изначально почти пустая и заполняется одновременно в пунктах передачи и приема в процессе кодирования (декодирования), причем в эту таблицу вносятся лишь такие, все более длинные фрагменты передаваемого сообщения, которые еще не встречались ранее. Каждому фрагменту в таблице присваивается  $n$ -разрядный номер.

LZ77 и LZ78 являются универсальными алгоритмами сжатия, в которых словарь формируется адаптивно. Принципиальным отличием является способ формирования фраз. В модификациях первоначаль-

ных алгоритмов это свойство сохраняется. Словарные алгоритмы Зива-Лемпела, поэтому разделяют на два семейства – алгоритмы типа LZ77 и алгоритмы типа LZ78.

**Алгоритм LZ77.** Основная идея LZ77 состоит в том, что второе и последующие вхождения некоторой строки символов в сообщении заменяются ссылками на первое вхождение.

LZ77 используют уже просмотренную часть сообщения как словарь. Чтобы добиться сжатия, он пытается заменить очередной фрагмент сообщения на указатель в содержимое словаря.

LZ77 использует «скользящее» по сообщению окно, разделенное на две неравные части. Первая, большая по размеру, включает уже просмотренную часть сообщения. Вторая, намного меньшая, является буфером, содержащим еще незакодированные символы входного потока [1].

Скользящее окно имеет длину  $N$ , т.е. в него помещается  $N$  символов, и состоит из двух частей:

- последовательности длины  $W = N - n$  уже закодированных символов, которая и является словарем;
- буфера предварительного просмотра, длины  $n$ ; обычно  $n$  на порядки меньше  $W$  [2].

Недостатки LZ77:

- с ростом размеров словаря скорость работы алгоритма – кодера пропорционально замедляется;
- кодирование одиночных символов очень неэффективно.

**Пример.** Закодировать по алгоритму LZ77 строку «КРАСНАЯ КРАСКА» (рис. 1).

СЛОВАРЬ (8)	БУФЕР (5)	КОД
"....."	"КРАСН"	<0,0,'К'>
".....К"	"РАСНА"	<0,0,'Р'>
".....КР"	"АСНАЯ"	<0,0,'А'>
"....КРА"	"СНАЯ "	<0,0,'С'>
"...КРАС"	"НАЯ К"	<0,0,'Н'>
". . .КРАСН"	"АЯ КР"	<5,1,'Я'>
". .КРАСНАЯ"	" КРАС"	<0,0,' '>
"КРАСНАЯ "	"КРАСК"	<0,4,'К'>
"АЯ КРАСК"	"А...."	<0,0,'А'>

Рис. 1. Фрагмент формирования кода LZ77

В последней строчке, буква «А» берется не из словаря, так как она последняя.

Длина кода вычисляется следующим образом: длина подстроки не может быть больше размера буфера, а смещение не может быть

больше размера словаря – 1. Следовательно, длина двоичного кода смещения  $\log_2$  (размер словаря) будет округленной в большую сторону, а длина двоичного кода для длины подстроки  $\log_2$  (размер буфера + 1), так же будет округлена в большую сторону. А символ кодируется 8 битами.

Все последующие методы этой группы базируются на алгоритме LZ77.

**Алгоритм LZ78.** В 1978 году авторами LZ77 был разработан алгоритм LZ78, лишенных названных недостатков.

LZ78 не использует «скользящее» окно, он хранит словарь из уже просмотренных фраз. При старте алгоритма этот словарь содержит только одну пустую строку (строку длины ноль). Алгоритм считывает символы сообщения до тех пор, пока накапливаемая подстрока входит целиком в одну из фраз словаря. Как только эта строка перестанет соответствовать хотя бы одной фразе словаря, алгоритм генерирует код, состоящий из индекса строки в словаре, которая до последнего введенного символа содержала входную строку, и символа, нарушившего совпадение. Затем в словарь добавляется введенная подстрока. Если словарь уже заполнен, то из него предварительно удаляют фразу, менее всех используемую в сравнениях.

Ключевым для размера получаемых кодов является размер словаря во фразах, потому что каждый код при кодировании по методу LZ78 содержит номер фразы в словаре. Из последнего следует, что эти коды имеют постоянную длину, равную округленному в большую сторону двоичному логарифму размера словаря + 8 (это количество бит в байте кода).

**Пример.** Закодировать по алгоритму LZ78 строку «КРАСНАЯ КРАСКА», используя словарь длиной 16 фраз (рис. 2).

ВХОДНАЯ ФРАЗА (В СЛОВАРЬ)	КОД	ПОЗИЦИЯ СЛОВАРЯ
" "		0
"К"	<0, 'К'>	1
"Р"	<0, 'Р'>	2
"А"	<0, 'А'>	3
"С"	<0, 'С'>	4
"Н"	<0, 'Н'>	5
"АЯ"	<3, 'Я'>	6
" "	<0, ' '>	7
"КР"	<1, 'Р'>	8
"АС"	<3, 'С'>	9
"КА"	<1, 'А'>	10

Рис. 2. Фрагмент формирования кода LZ78

Для кодирования этого словаря достаточно четырех бит. Длина полученного кода равна  $10 \cdot (4 + 8) = 120$  битам.

Так, как статистика источника заранее не всегда известна, поэтому код Лемпела–Зива составляет основу всех коммерческих алгоритмов и программ (коммерческие алгоритмы обычно включают в себя не только идею алгоритма сжатия, но и эффективную реализацию алгоритма в виде программы). Дополнительным фактором использования алгоритмов Лемпела–Зива является истечение срока действия патента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособие. – М.: Спутник+, 2004. – 111 с.
2. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео: учеб. пособие. – М.: Диалог-МИФИ, 2003. – 381 с.

#### HOME AUTOMATION SYSTEM FOR ELDERLY

*A. Boichenko, J. Le Foll, students of TOR chair*

*Scientific adviser E. Rogozhnikov, Associate Professor, Ph.D.  
s, Tomsk, TUSUR, hero1994@mail.ru*

Destination of that work is acquisition of skills in development of new devices for home automation for elderly.

Main task was creation of concept of the device with tangible interface, which will be used to control smart home.

A tangible user interface (TUI) is a user interface in which a person interacts with digital information through the physical environment. The purpose of TUI development is to empower collaboration, learning, and design by giving physical forms to digital information, thus taking advantage of the human ability to grasp and manipulate physical objects and materials [1].

Basing on this definition, we created concept of our based on tangible interface device – Sphere remote controller.

Sphere remote controller is spherical device with soft, compressible surface. For better representation of the device, its form can be compared with usual anti-stress ball (Fig. 1). Visual similarity of our device and this ball allow to propose that using of Sphere remote controller will give sense of calmness to the user, and, in perspective, will be able to relieve stress.

Sphere remote controller can use all possibility of 3D interfaces. It can track movement in space, which allow to device significantly expand the

range of possible application. If we abstract from the remote controller function, sphere represent an abstract material object that can be reinterpreted like some object taken in hand depending from concrete application.



Fig. 1. Anti-stress ball

Main accent in Sphere remote controller is based on its tangible properties. Tracking of pressing level, angle measurement and detection of movement – all of that allow to synchronize abstract control and real world and to feel tangibility of control. Because of it, device, as a tangible interface, has not only large opportunities in control, but also can provide feedback important for comfort and more natural using.

For providing declared functionality, device have to meet next requirements:

- have a compressible surface;
- be able to determine level of pressing;
- be able to determine position and movement in space;
- be able to indicate information on the surface;
- be able to transmit data;
- be able to recognize user;
- have a wireless charger.

For most convenient using, Sphere remote controller will be 70 millimeters in diameter. If sphere will be bigger, it will not place in the palm of the hand and press on it will be harder. Sphere with size less than 70 millimeters will be harder in realization, have worse parameters of battery, less freedom of pressing and, finally, will be “lost” in the palm.

According with structure, Sphere remote controller will consist from two main parts: Core and Shell. Core is little plastic sphere which will contain most part of electronic details of the device. Shell will be created from material like polyurethane foam and will surround Core. Shell will contain piezoelectric sensors, which will generate electrical signal about pressing. For detecting position and movement will be used accelerometer, placed in Core. To indicate some information and to help in navigation, device should have indication system. For this purpose, net of distributed

LEDs can be used. Another interesting variant – using of inclusions of optical fiber in the Shell coating. Also device have to be able to transmit and receive data to control other devices. Most suitable technologies for device like Sphere remote controller are Zig Bee and Bluetooth Low Energy (BLE). One more important function of Sphere remote controller is personalization. It allow to user set his own settings depending from the tasks he used. To realize this functional Sphere have to recognize a person who use it. It can be made with adding of fingerprint sensor (Figure 9). As socket for charging will create inconvenience in using of device, Sphere should be able to charge from wireless charger. Big size of the Shell will allow using big induction loops, which will lead to effective and fast charging.

Developed concept of Sphere remote controller has great opportunities in movement and gestures detection, so it not only in home automation, but also for new fields like gaming, studying, designing and virtual reality. Also, adding of more informative indication system to device could transform Sphere from device to control to device with full duplex connection. In this form, Sphere will be able to make concurrence for smartphones and will be new concept of communication device.

#### REFERENCES

1. Wikipedia. Tangible User Interface [electronic resource]. – Access: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tangible\\_user\\_interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Tangible_user_interface) (reference date: 12.09.2017).
2. Ji-Sun Kim. Tangible User Interface for CAVE based on Augmented Reality Technique // VDM Verlag, 2009. – P. 124–128.

## ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫЙ КАНАЛ СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО РАСШИРЕНИЯ СПЕКТРА

*А.Д. Самострелов, магистрант*

*Научный руководитель Е.В. Рогожников, доцент, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, radiotehnikklim@mail.ru*

Радиосвязь с расширенным спектром применяется во многих направлениях современных систем, что в совокупности с такими методами, как OFDM и MIMO дает возможность передачи сигнала в канале с высоким уровнем шумов.

Преобразование стандартного радиочастотного сигнала в сигнал с расширенным спектром – это процесс равномерного распределения пиковой мощности на всю доступную полосу пропускания. Для улучшения помехоустойчивости в зашумленном канале, можно увеличить полосу пропускания канала, и естественным результатом бу-

дет распределение доступной радиочастотной энергии в более широкий спектр. Известно, что полоса пропускания радиочастотного сигнала определяется разностью между нижней и верхней граничной частотой сигнала в спектре. Как же можно расширить спектр? Для примера возьмем амплитудную модуляцию. Амплитудная модуляция формирует симметричный спектр, центрированный относительно несущей частоты [1]. Если используются более высокие частоты в модулирующем сигнале, то ширина полосы модулированного сигнала будет увеличиваться.

Однако, такой подход не дает никаких плюсов в помехоустойчивости и не может называться искусственным расширением спектра. Существует три основных способа для искусственного расширения спектра: первый – методом прямой последовательности, второй – методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты, третий – методом линейной частотной модуляции. Третий способ в системах передачи информации не применяется и рассмотрен в данной статье не будет. Метод прямой последовательности – это способ умножения символов модуляции информационной последовательности на расширяющую последовательность, также называемую псевдощумовым кодом, псевдослучайной последовательностью (ПСП) или кодом псевдослучайного шума [3]. Это цифровая последовательность, которая очень похожа на случайную последовательность единиц и нулей. Принцип работы данного метода наглядно показан на рис. 1. В примере один импульс с некоторой длительностью во времени, умножается на ПСП расширения, что приводит к четырехкратному увеличению спектра.



Рис. 1. Применение ПСП для искусственного расширения спектра

Применение такого метода в связке с квадратурной манипуляцией и технологией OFDM, дает возможность работы в очень зашумленном канале связи с низким уровнем отношения сигнал/шум. Такой подход расширения успешно реализован в системах CDMA, а для доступа большого количества абонентов в таких системах применяется множество ортогональных кодов, назначая каждому пользователю

свой индивидуальный код на время выделенное системой. Ортогональные коды выделяются из матрицы Адамара, которую формируют функции Уолша. На приемной стороне имеется корреляционный приемник, который реагирует только на определенную кодовую последовательность, которая заранее сохранена в памяти. Таким образом из множества поступающих кодов на вход приемника и производится выделение нужного абонента.

Второй способ искусственного расширения спектра – это псевдослучайная перестройка рабочей частоты (ППРЧ). ППРЧ в точности подобна способу описанному выше с точки зрения распространения энергии сигнала в частотной области и предоставления преимуществ широкополосной связи.

Однако, данный способ кардинально отличается. Несущая частота сигнала поочередно перескакивает по частотной сетке и комбинация этих частот и создает широкую полосу пропускания. Перестройка по частоте, происходит настолько быстро, что обнаружение становится очень трудным для стороннего наблюдателя, что дает не только защищенность от помех, но и сильно снижает возможность перехвата сигнала. ППРЧ применяется в военной технике и некоторых видах гражданской радиосвязи, например в системах GSM [3].

Одно из главных преимуществ искусственного расширения спектра передаваемого сигнала – это устойчивость к импульсным помехам. Такие помехи, как известно могут нести абсолютно случайный характер возникновения. На рис. 2, а можно наблюдать сигнал до расширения спектра. Как видно помеха может нанести существенный вред, и на приемной стороне с большой долей вероятности информация будет декодирована с ошибками.

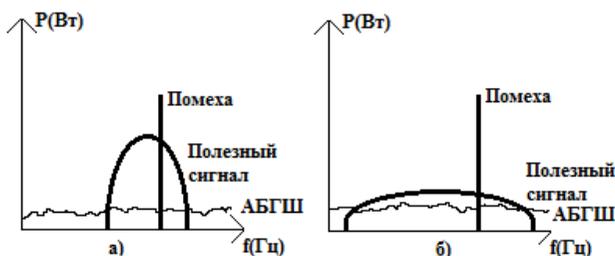


Рис. 2. Распределение мощности полезного сигнала в спектре:  
 а – сигнал до расширения спектра, б – сигнал после расширения спектра

На рис. 2, б представлен сигнал после расширения спектра, и можно заметить, что по мощности он приближен к аддитивному Гауссовскому белому шуму (АБГШ), что как говорилось ранее уменьшает

вероятность обнаружения стороннему наблюдателю, и уменьшает влияние импульсной помехи [2]. Если информационные данные перед попаданием в эфир, подвергались каналному кодированию, например кодом Рида–Соломона, то вероятность восстановления исходных данных в приёмнике без ошибок будет намного выше, чем без расширения спектра.

Перспективы применения искусственного расширения спектра в разработке современных систем радиосвязи достаточно обширны, ввиду тенденции повышения частот для вещания. С ростом вычислительных способностей приёмно-передающей аппаратуры, можно применять более сложные способы кодирования, которые позволяют передавать информацию в канале с высоким уровнем помех без потерь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов. – 4-е изд., перер. и доп. – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с.
2. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
3. Складар, Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение Digital Communications: Fundamental sand Applications. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2007. – 1104 с.

### НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ANGELOV2

*А.Б. Сам, студент*

*Научный руководитель В.Д. Дмитриев, к.т.н., доцент  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, dvd51@mail.ru*

Целью данной работы является создание нелинейной модели Angelov2 для отечественного транзистора ПП9138А.

ПП9138А – мощный СВЧ-нитрид галлиевый транзистор, предназначенный для работы в усилителях мощности до 6000 МГц со следующими основными характеристиками:

1. Выходная мощность  $P_{\text{вых}} = 15$  Вт.
2. Напряжение питания  $U_{\text{си}} = 28$  В.
3. Коэффициент усиления по мощности  $K_{\text{гр}} \geq 11$  дБ.
4. КПД стока  $\eta_c \geq 50\%$ .

Приборы на основе нитрида галлия не новы. Они изучаются с 1980-х годов. Первыми приборами на нитриде галлия стали светодиоды, которые за последние 20 лет нашли широкое применение. Затем на передний план вышли AlGaIn/GaN гетероструктурные полевые транзисторы, или транзисторы с высокой подвижностью электронов (НЕМТ), отличающиеся высокими значениями мощности и рабочей

частоты. Они в основном применяются в высокочастотных усилителях мощности систем военного и гражданского назначения.

Сегодня, когда растут требования к снижению энергопотребления и уменьшению габаритов электронной аппаратуры, GaN-транзистор оказался одним из самых перспективных приборов, способных заменить мощные кремниевые полевые транзисторы в компактных СВЧ усилителях мощности [1].

Существуют различные эмпирические модели для моделирования транзисторов в нелинейных схемах: TOM1, EENEMT, Angelov и др. Из них наиболее точно описывают нитрид галлиевые транзисторы такие модели, как EENEMT и Angelov. В данной работе будем использовать модель Angelov2, которая является дальнейшей модификацией модели Angelov.

Angelov2 – эмпирическая модель, где получаем все необходимые параметры из экспериментальных характеристик: ВАХ, проходная характеристика и S-параметры.

Ниже представлены типовые зависимости электрических параметров данного транзистора.

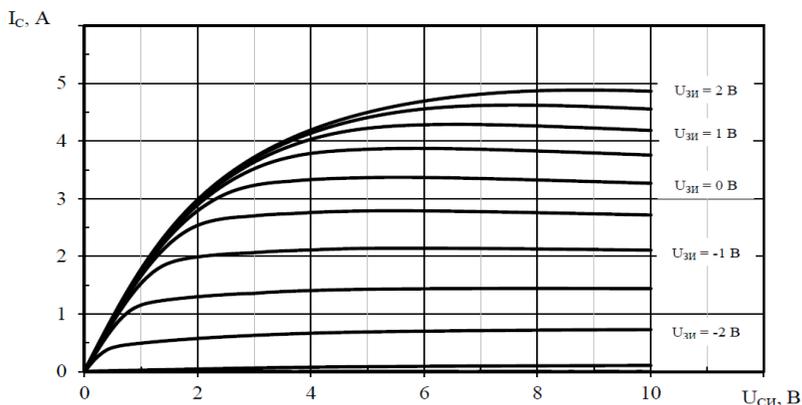


Рис. 1. Типовые выходные характеристики в схеме с общим истоком транзистора ПП9138А

Исходя из типовых зависимостей электрических параметров транзистора ПП9138А была разработана модель вместе с корпусом.

На основе полученной модели рассчитаны ВАХ и характеристики S-параметров в среде проектирования AWR и проведено их сравнение с экспериментальными данными.

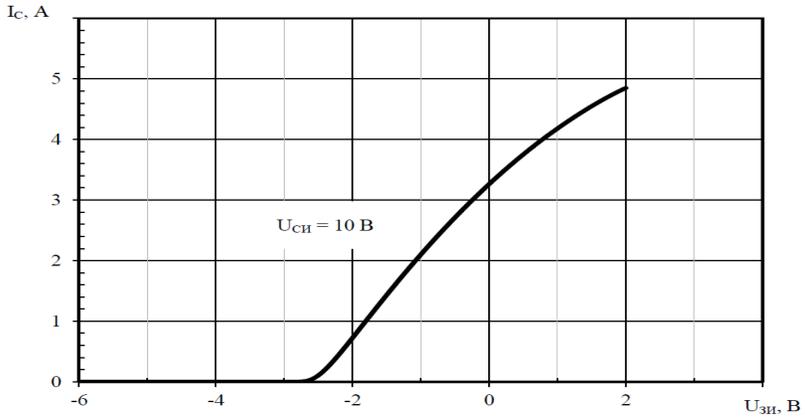


Рис.2. Типовая проходная характеристика в схеме с общим истоком транзистора ПП9138А

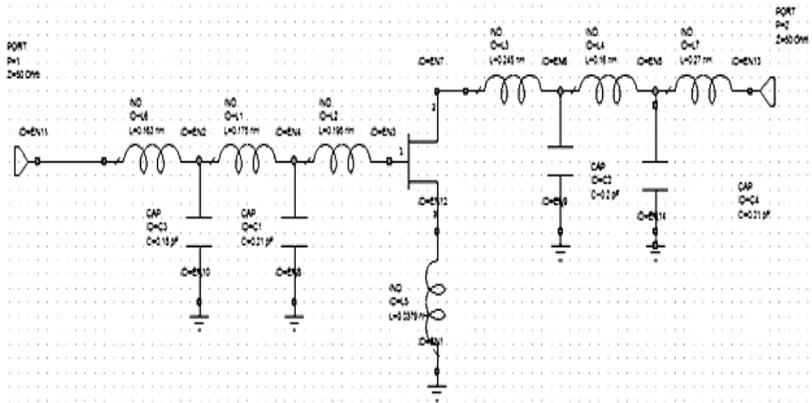


Рис. 3. Модель с корпусом PP9138A

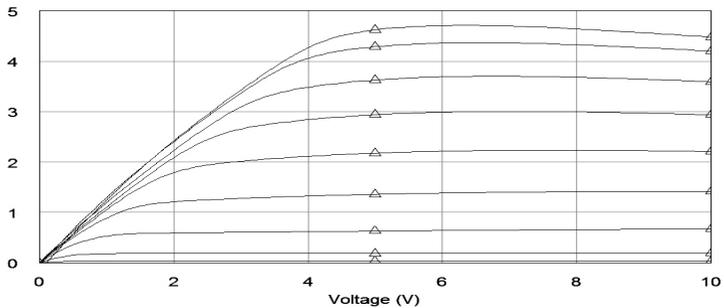


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика модели транзистора

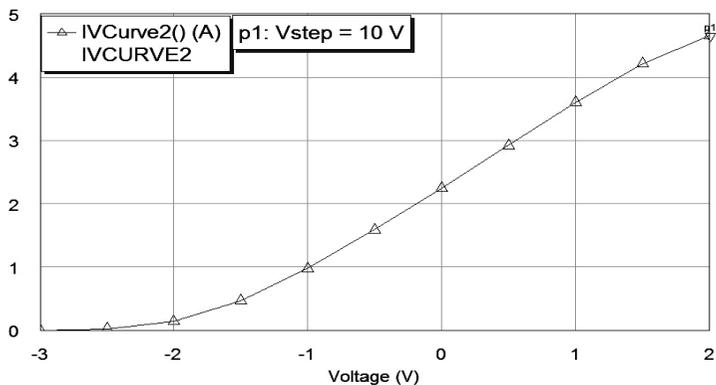


Рис. 5. Проходная характеристика модели транзистора

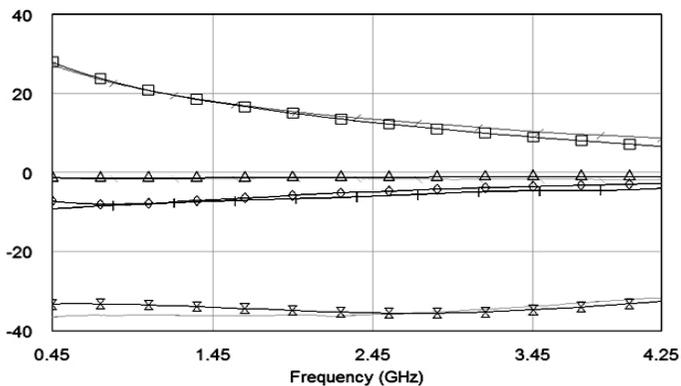


Рис. 6. S-параметры модели при  $U_{ds} = 28$  В,  $I_{ds} = 200$  мА

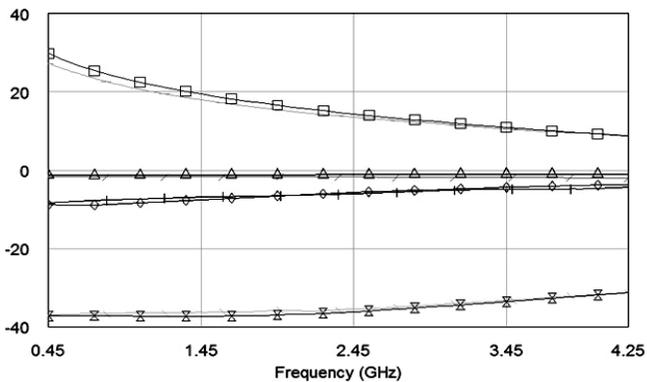


Рис. 7. S-параметры модели при  $U_{ds} = 28$  В,  $I_{ds} = 500$  мА

**Заключение.** В ходе проделанной работы выяснили, что расчетные параметры транзистора PP9138A при различных режимах совпадают с экспериментальными. Это дает нам возможность использовать данную модель для расчета СВЧ-устройств в нелинейных режимах работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гольцова М. Мощные GAN-транзисторы. – 2012. – С. 1–4.
2. Angelov I., Mattias T., Kristoffer A. On the large signal evaluation and modeling of GaN FET. – 2010. – P. 1–7.
3. Angelov I., Tinti R. Accurate modeling of GaAs&GaN HEMT's for nonlinear application. – 2013. – P. 6–14.

### АДАПТИВНАЯ МОДУЛЯЦИЯ И КОДИРОВАНИЕ

*К.В. Савенко, магистрант*

*Научный руководитель Е.В. Рогожников, доцент, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, savenkokirill@mail.ru*

На сегодняшний день высокий рост использования информационных сетей и спрос на более широкий спектр услуг, таких как видеоконференции, или приложения с мультимедийным контентом, потоковая передача аудио и видео, приводит к необходимости создания новых типов систем связи с более высокими скоростями передачи данных. Эти системы способны адаптироваться и настраивать параметры передачи на основе качества канала связи, повышая эффективность использования спектра, и достигая, таким образом, более высокой скорости передачи информации при ограничениях по мощности передающего оборудования.

В традиционных системах связи применяются методы передачи данных, рассчитанные для наихудшего состояния канала связи и обеспечивающие частоту ошибок ниже допустимого предела. Но данные методы не позволяют в полной мере использовать ресурсы канала связи и снижают скорость передачи информации. Адаптивные методы модуляции и кодирования предназначены для динамического отслеживания качества канала и его пропускной способности в каждый момент времени работы системы. Эти методы используют изменяющийся во времени характер состояния канала, изменяя схемы кодирования, типы модуляции, или любую комбинацию этих параметров, с целью улучшения спектральной эффективности линии связи и, следовательно, увеличения скорости передачи информации, обеспечивая при этом высокую помехозащищенность передаваемой информации [2].

Производительность системы с адаптивной модуляцией и кодированием сильно зависит от точности оценки канала в приемнике и надежности цепи обратной связи между этой оценкой и передатчиком, на который приемник передает информацию о состоянии канала.

Приемник адаптивной системы производит оценку канала связи через определенные промежутки времени, при этом оценивая ожидаемые условия канала для следующего интервала передачи. Так как это знание может быть получено только путем предсказания из прошлых оценок качества канала, адаптивная система может работать эффективно только в среде с относительно медленно изменяющимися условиями канала. Таким образом, задержка между оценкой качества и фактической передачей по отношению к максимальной скорости изменения состояния канала имеет решающее значение для реализации системы. Если оценка канала является устаревшей в момент передачи, то это приведет к низкой производительности системы и возникновению ошибок. Структурная схема системы с адаптивной модуляцией и кодированием представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема системы с адаптивной модуляцией и кодированием

Выбор соответствующих типов модуляции и кодирования для использования на следующем интервале передачи основан на прогнозировании условий канала для следующего временного интервала. Существует несколько подходов к оценке канала связи. В беспроводных сетях с широкополосным доступом, таких как WiMAX и LTE, состояние канала оценивается на основе отношения мощности сигнала к средней мощности шума. При этом пороговое значение SNR должно быть выбрано таким образом, чтобы гарантировать допустимое значение вероятности битовой ошибки при передаче информации

на данном интервале. Это позволяет увеличить производительность системы при увеличении SNR согласно формуле Шеннона:

$$C = B \cdot \log_2(1 + S/N) = B \cdot \log_2(1 + SNR), \quad (1)$$

где  $B$  – полоса пропускания канала,  $C$  – емкость канала,  $S$  – полная мощность сигнала над полосой пропускания,  $N$  – полная шумовая мощность над полосой пропускания,  $SNR$  – отношение мощности сигнала к мощности шума [3].

На данный момент применяется свыше пятидесяти различных комбинаций типов модуляции и кодирования. Таких как QPSK, 16-QAM, 64-QAM, кодирование турбо кодом, сверточное кодирование, повторение символов. В таком случае, самая низкая предлагаемая скорость данных использует кодирование 1/2 турбо кодом и модуляцию QPSK, в то время как самая высокая скорость передачи данных использует кодирование 3/4 турбо кодом и 64QAM модуляцию [1]. Производительность, нормализованная к ширине полосы частот, может быть определена по формуле:

$$T = (1 - BLER) \cdot r \cdot \log_2(M), \quad (2)$$

где  $r$  – скорость кодирования,  $M$  – индекс модуляции, BLER – коэффициент ошибок блока. Например, производительность 64-QAM со скоростью кодирования 3/4 равна 4,5 бит в с/Гц, в то время как QPSK со скоростью кодирования 1/2, достигает производительности 1 бит в с/Гц.

Но в таких системах как PLC (Power Line Communication), в которых преобладают импульсные помехи и частотно-селективные затухания, подход, основанный только на измерении SNR, не может быть применен. При появлении импульсной помехи большой мощности приемник определяет ее как полезный сигнал, что приводит к неверной оценке состояния канала. Поэтому применяется подход, использующий также измерение величины вектора ошибки (EVM). Этот подход основан на измерении расстояния между положениями принятого и переданного символов на сигнальном созвездии. При этом, если передавать преамбулу, состоящую из нескольких заранее известных OFDM-символов, можно с высокой точностью определить состояние канала связи и исключить влияние помех высокой мощности на систему с адаптивной модуляцией и кодированием.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа // Эко-Трендз. – 2005. – С. 138–142.
2. Ханцо Л., Блох Д., Ни С. Системы радиодоступа 3G, HSPA и FDD в сравнении с технологией TDD. Пространственно-временная фильтрация и адаптивная модуляция // Техносфера. – 2012. – Т. 1. – С. 370–378.
3. Goldsmith A. Wireless Communications // Cambridge University Press. – 2012. – P. 283–289.

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МАКЕТА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОДОВ РИДА–СОЛОМОНА GF(P)

*Д.Д. Утегенов, магистрант каф. ТОР*

*Научный руководитель А.В. Новиков, доцент каф. РТС, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, utegenov93@mail.ru*

Коды Рида–Соломона – недвоичные циклические коды, позволяющие исправлять ошибки в блоках данных. Элементами кодового вектора являются не биты, а группы битов (блоки). Очень распространены коды РС, работающие с байтами (октетами). Код Рида–Соломона является частным случаем БЧХ-кода [1].

В настоящее время коды РС широко используются в системах восстановления данных с компакт-дисков, при создании архивов с информацией для восстановления в случае повреждений в системах связи.

Программный макет (рис. 1) реализован в виде Qt-приложения (сайт qt.io) с графическим интерфейсом. Входными параметрами макета являются: простое число  $p = 2, 3, 5, 7, 11, \dots$ , определяющее код Рида–Соломона над полем  $GF(p)$ , вспомогательное число  $a$  из поля  $GF(p)$ , кодовое расстояние  $d$ .

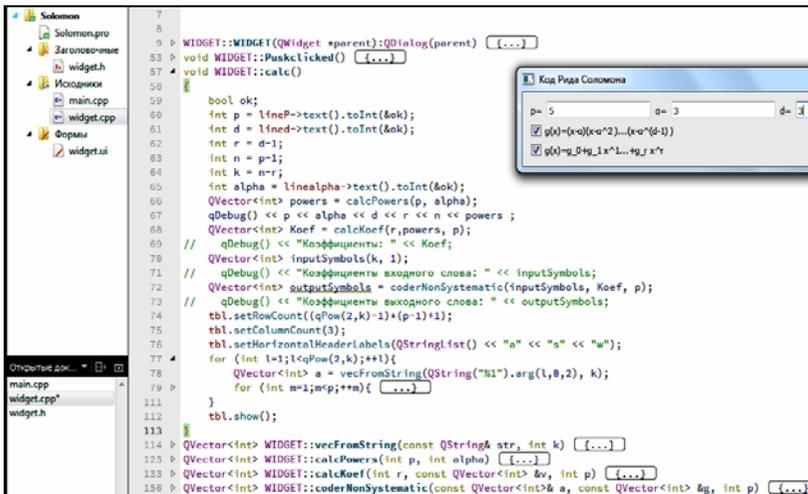


Рис. 1. Программный макет для исследования кодов Рида–Соломона.

В макете заданы параметры:  $p = 5, a = 3, d = 3$

Программный макет после ввода входных параметров генерирует коэффициенты порождающего полинома  $g(x)$ , а также кодовую таблицу кода РС (рис. 2).

Первая строка в таблице на рис. 2 пустая – она соответствует нулевому кодовому слову с нулевым весом  $w$ . В столбце  $a$  перечислены все входные слова, в столбце  $s$  перечислены соответствующие разрешенные кодовые слова, а в столбце  $w$  указан вес (по Хеммингу) разрешенного кодового слова  $s$ .

	a	s	w
1			
2	01	0231	3
3	02	0412	3
4	03	0143	3
5	04	0324	3
6	10	2310	3
7	20	4120	3
8	30	1430	3
9	40	3240	3
10	11	2041	3
11	22	4032	3
12	33	1023	3
13	44	3014	3

Рис. 2. Пример таблицы с результатами кодирования кодом РС

С помощью программного макета был задан код РС с кодовым расстоянием  $d = 3$ , что подтверждается кодовой таблицей (рис. 2), в которой минимальный вес  $w$ , отличный от нуля, равен 3, т.е. кодовому расстоянию.

**Заключение.** Программный макет предназначен для изучения кодов Рида-Соломона студентами. Он поможет изучить процесс кодирования и декодирования в плане обнаружения и исправления ошибок. Дополнительно в макет планируется ввести блок статистических испытаний в канале с независимыми символьными ошибками, а также блок подсчета ошибочных кодовых слов, слов с обнаруженными ошибками и слов с исправленными ошибками, наподобие того, как это сделано в [2] для двоичных циклических кодов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сагалович Ю.Л. Введение в алгебраические коды [Электронный ресурс]. – <http://iitp.ru/upload/content/790/algebcodes.pdf>
2. Новиков А.В. Сборник компьютерных лабораторных работ по системам связи: метод. указания к лабораторным работам [Электронный ресурс]. – Томск: ТУСУР, 2018. – 151 с. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7149>

## **ПОДСЕКЦИЯ 1.7**

### **РОБОТОТЕХНИКА**

*Председатель – Коцубинский В.П., доцент каф. КСУП, к.т.н.*

#### **РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ МАКЕТ НА БАЗЕ ARDUINO**

*А.Д. Гулиганов, магистрант каф. КСУП*

*г. Томск, ТУСУР, mizantronix@gmail.com*

Робототехника – наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем и являющаяся важнейшей технической основой интенсификации производства. Робототехника опирается на такие дисциплины, как электроника, механика, телемеханика, механотроника, информатика. Выделяют строительную, промышленную, бытовую, медицинскую, авиационную и экстремальную (военную, космическую, подводную) робототехнику. Выделяют два основных класса роботов – манипуляционные и мобильные роботы. В данной работе речь пойдет о проектировании именно мобильного гусеничного робота [1].

Мобильный робот – это робот, который может самостоятельно передвигаться и перемещаться в пространстве. Важным моментом при создании мобильного робота является его автономность. Автономность робота обеспечивает его самостоятельное передвижение, для которого встает необходимость его ориентации в окружающем пространстве. Автономная работа робота должна обеспечиваться совокупностью аппаратных и программных средств [2].

В данной работе робот будет использовать гусеничный тип движения, так как такой тип перемещения робота обеспечивает наибольшую проходимость, а так же более прост в реализации относительно колёсного либо шагового типа движения. Был выбран макет Robostamp 2.0. Общая компоновка представлена на рис. 1. У робота имеются гусеницы (1), которые управляются моторами (3). Так же имеются ультразвуковые датчики расстояния (2), расположенные по направлениям вперед, влево и вправо. Управление роботом осуществляет микроконтроллер (4).

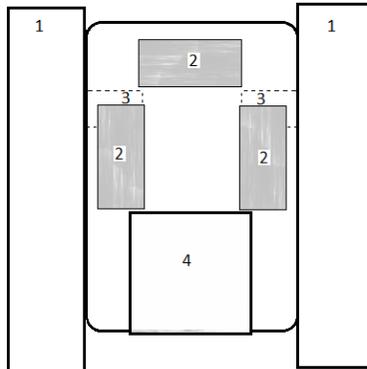


Рис. 1. Схема робота

Для реализации автономного перемещения робота были выбраны для использования ультразвуковые датчики расстояния HC-SR04, расположенные по направлению вперед, налево и направо. Так же для реализации беспроводной связи по Bluetooth был выбран передатчик FC-114. Связь с внешним устройством (в нашем случае со смартфоном) необходима для ручного управления, либо для включения режима автопилотирования. Со стороны смартфона связь будет осуществляться через приложение RoboRemoFree. Алгоритм работы робота должен включать в себя два режима: непосредственное управление движением робота и режим автопилотирования [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров И.М., Топчев Ю.И. Робототехника: история и перспективы. – М.: Наука; Изд-во МАИ, 2003. – 349 с.
2. Классификация мобильных роботов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/34424> (дата обращения: 1.03.2018).
3. Тягунов О.А. Математические модели и алгоритмы управления промышленных транспортных роботов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2007. – Т. 5, № 5. – С. 63–69.

### ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ ОБСТАНОВКИ В ПОМЕЩЕНИИ

*Д.Д. Клипов, студент каф. информационной безопасности*

*Научный руководитель А.А. Лисс*

*г. Новосибирск, НГУЭУ, [kldanil28@gmail.com](mailto:kldanil28@gmail.com)*

В настоящее время существует развитый рынок домашних охранных систем. При этом существуют здания и помещения, имеющие

ограничения, не позволяющие проводить определенные типы монтажных работ. К таким ограничениям относятся, например, исторический статус здания, позиция собственника помещения, состояние помещения в краткосрочной аренде.

Поскольку, охранные системы, как правило, строятся на основе стационарных проводных или беспроводных датчиков, пересылающих собираемые данные для обработки на единый пульт управления, это ограничения могут сделать построение охранной системы невозможным.

Данную проблему может решить применение технологий робототехники, кроме того это позволит сократить время и стоимость развертывания системы. Робототехника сейчас активно развивается, по информации, публикуемой на авторитетных Интернет-порталах <http://hizook.com> и <http://therobotreport.com>, венчурные инвестиции в отрасль последние 6 лет интенсивно растут, также она входит в список основных сквозных цифровых технологий программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [1].

Концепция роботизированного программно-аппаратного комплекса контроля обстановки: в помещении размещается беспроводной маршрутизатор и одна или несколько мобильных платформ, оборудованных датчиками, для контроля обстановки, и модулями беспроводной связи для передачи данных. Также разворачивается сервер осуществляющий взаимодействие с пользователями и координацию действий мобильных платформ, при этом должна быть возможность осуществления сетевого доступа в двух направлениях: мобильная платформа, беспроводной маршрутизатор, сервер и пользователь, сервер. Кроме того в помещении могут быть размещены зарядные устройства, позволяющие автоматическую подзарядку платформ [2].

Анализ показал, что в настоящий момент подобных систем, удовлетворяющих требованиям качества и доступности для массового потребителя, не представлено, в результате чего была начата разработка комплекса реализующего данную концепцию.

**Архитектура комплекса.** Мобильная платформа представляет собой четырехколесную базу, с размещенными на ней видеокамерой, датчиками звука, движения, расстояния, влажности, газоанализатором, барометром, гироскопом, акселерометром, магнитометром, оптическим энкодером. В качестве вычислительных компонентов используются одноплатный компьютер Raspberry Pi, и две платы на основе микроконтроллера ATmega328. В качестве источника питания применяется аккумулятор постоянного напряжения, с контролем заряда/разряда, стабилизатором напряжения. Платформа работает под

управлением операционной системы Ubuntu 16.04, на которую устанавливается специальное приложение, контролируемое сервисом восстановления работоспособности в случае сбоя. Приложение создано по модульному принципу, на языке C++. Сервер создан на языке Java, с применением продуктов Apache Tomcat, MySQL. Он может работать под управление различных операционных систем, в том числе Ubuntu 16.04 и Windows 10, имеет веб интерфейс, API, возможность оповещения пользователя о критических ситуациях через электронную почту, и некоторые мессенджеры. Принципиальная схема комплекса представлена на рис. 1.

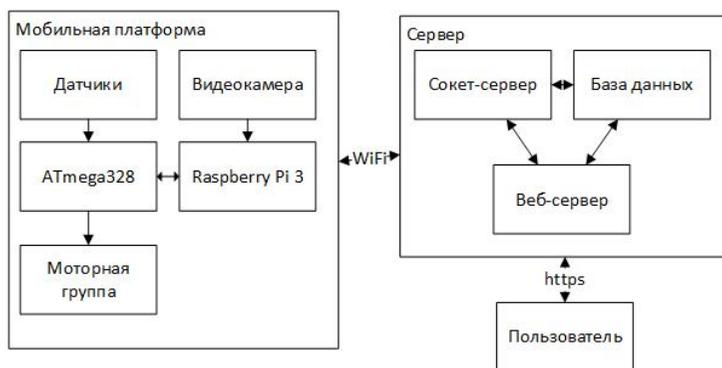


Рис. 1. Схема комплекса

Основной сценарий работы пользователя с комплексом: пользователь запускает сервер и включает мобильные устройства. После чего, авторизовавшись в интерфейсе сервера, ставит систему на дежурство и покидает помещение. Далее пользователь по желанию контролирует показания системы через интерфейс, при возникновении критической ситуации получает оповещения по одному или нескольким каналам, и получает подробную информацию об инциденте в интерфейсе.

**Результаты работы.** В ходе работы подтверждена возможность построения охранной системы на основе подвижных устройств, и её применимость на практике, разработан прототип комплекса, состоящий из мобильной платформы и управляющего сервера. Платформа способна осуществлять навигацию в охраняемом помещении, по предварительно составленной схеме, обнаруживать критические ситуации и передавать информацию о них на сервер. Сервер, способен проводить аутентификацию пользователей, сбор данных с устройств, выдачу данных с устройств пользователю по запросу, осуществлять

управление подключенными мобильными платформами. Прототип комплекса способен решать следующие задачи: патрулирование охраняемого помещения, идентификация критических ситуаций, таких как повышение содержания уровня бытового газа в воздухе, повышение температуры, наличие задымления, шума, движения в помещении, оповещение о них пользователя.

**Выводы.** По результатам работы можно сделать вывод практической применимости технологий робототехники в бытовой сфере в целом, и в охранных системах в частности. Созданная в ходе исследования система способна решать задачи, возникающие у пользователя, и после доработки может стать доступным решением для рядовых граждан или основой для более сложных и комплексных решений. Исползованный при создании принцип модульности, как в части программной реализации, так и в части аппаратной, применение технологий и решений под свободными лицензиями дает возможность дальнейшей модернизации системы и её доработку для решения новых задач.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. [Электронный ресурс]. – URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 17.02.2018).
2. Клипов Д.Д., Лисс А.А. и др. Проект интеллектуального домашнего помощника «Робот Матрёна» // Интерэкспо Гео-Сибирь–2017: Молодежь. Наука. Технологии / Сборник матер. – Новосибирск: СГУГиТ, 2017. – 152 с.
3. Синилов В.Г. Системы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 509 с.
4. Крейг Д.Дж. Введение в робототехнику. Механика и управление. – М.: Институт компьютерных исследований, 2013. – 564 с.

#### ОПЫТ УЧАСТИЯ В СОРЕВНОВАНИЯХ ROBOCUP KIDSIZE SOCCER

*Е.С. Польшинцев, А.А. Проказина, студенты*

*Научный руководитель Е.С. Шандаров, зав. лаб. робототехники и  
искусственного интеллекта*

*г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, [egoleo@mail.ru](mailto:egoleo@mail.ru), [irina-tusur@mail.ru](mailto:irina-tusur@mail.ru)*

RoboCup – мероприятие международного уровня, целью которого является развитие робототехники и исследований искусственного интеллекта посредством соревнований в разных лигах [1]. Одной из таких лиг является Humanoid KidSize Soccer где проходят соревнования

по футболу человекоподобных роботов. В 2017 г. команда ТУСУРа Photon [2, 3] приняла участие в первом Суперрегиональном RoboCup Азиатско-Тихоокеанского региона, который проходил в г. Бангкок, Таиланд.



Рис. 1. Команда Photon

**Задачи команды.** В процессе подготовки и выступления на соревнованиях перед командой возникли следующие задачи и проблемы.

2. Настройка системы технического зрения робота (динамическая обработка изображений, поиск объектов на изображении).
3. Работа с сетью (GameController).
4. Разработка стратегии игры.
5. Динамическая ходьба.
6. Удар мяча при сохранении равновесия.
7. Перегрев сервоприводов.

Работа над проектом «Футбол роботов лиги KidSize» ведется в ЛРИИ ТУСУР с 2014 г. За это время несколько поколений студентов смогли разработать комплекс ПО реализующего игру в футбол роботов. Нынешний состав команды включает в себя новичков – студентов III курса. Специализация в команде делится по видам деятельности: механика, электроника и ПО.

В ходе соревнований проблемы приходилось решать в оперативном режиме. Так, несколько раз полностью менялась основная программа робота, в которой описана стратегия игры.

Основным препятствием на пути к успешному выступлению было техническое зрение и его настройка. Робот не мог детектировать мяч на поле, или же распознавал разметку как мяч. Если критически подойти к анализу этой проблемы, то можно сделать вывод, что она является следствием смены регулярного состава команды; новые члены команды плохо знакомы с платформой и существующими алгоритмами, которые были реализованы до их появления в команде.

Вторым существенным препятствием была проблема связанная с приемом текущих состояний игры транслируемых в сеть сервером GamaController. Имела место задержка сети, которая мешала роботу выполнять поиск мяча на поле. Как следствие робот стоял на поле в течении нескольких секунд, медленно поворачивая голову. Это вызывало перегрев коленных сервоприводов и их отключение. Приходилось ждать какое-то время пока сервопривод охладится и вновь станет работоспособным.

В процессе игры незначительные неровности поля могли нарушить равновесие робота и привести к падению. Эта проблема была решена посредством подбора более точных параметров настройки модуля Walking. Создан такой набор движений, который позволяет при ударе мяча сохранить равновесие и продолжить передвижение по игровому полю. Проблема с сервоприводами остается актуальной.

**Заключение.** При участии в соревнованиях выявлены основные проблемы существующих алгоритмов и стратегий. Выявлены проблемы с техническим зрением, динамической ходьбой робота и его движениями. Полученный опыт будет использован в грядущих соревнованиях и дальнейшей работой с роботами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ронжин А.Л., Станкевич Л.А., Шандаров Е.С. Международные соревнования роботов по футболу RoboCup и перспективы участия в них российских команд // Робототехника и техническая кибернетика. – 2015. – №. 2. – С. 24–29.
2. Гомилко С.И., Жулаева Д.В., Мещеряков Р.В. и др. Команда роботов-футболистов лиги ROBOCUP HUMANOID KIDSIZE // Робототехника и техническая кибернетика. – 2015. – №. 3. – С. 11.
3. Gomiłko S. et al. Robot Soccer Team for RoboCup Humanoid KidSize League // International Conference on Interactive Collaborative Robotics. – Springer, Cham, 2016. – С. 181–188.

## **ОПЫТ УЧАСТИЯ СТУДЕНТОВ КАФЕДРЫ КСУП В СОРЕВНОВАНИЯХ ПО РОБОТОТЕХНИКЕ ЗА 2017 ГОД**

*А.А. Сунин, Ю.А. Поярков, А.Е. Сахабутдинов, студенты*

*Научный руководитель В. П. Коцубинский, доцент*

*г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, [pyarkov976@gmail.com](mailto:pyarkov976@gmail.com)*

Международные соревнования среди роботов, RoboCup были основаны в 1993 г. Полное название RoboCup, англ. «Robot Soccer World Cup», что в переводе «Чемпионат по футболу среди роботов». Первоначальной целью являлось создание автономных роботов футболистов, которые должны были оказать содействие в области искусственного интеллекта. В 1997 г. были проведены первые международные соревнования в городе Нагоя, Япония. В которых участвовали 11 стран.

На сегодняшний день RoboCup является крупнейшей международной площадкой для соревнований в области робототехники.

Основной дисциплиной соревнований RoboCup является соревнования роботов-футболистов (RoboCupSoccer). Здесь основной целью является реализация взаимодействия нескольких роботов и многоагентных систем в динамической среде. RoboCupSoccer подразделяется на следующие лиги:

- Humanoid Soccer (Человекоподобные).
- Middle Size Soccer (Колесные роботы).
- Simulation Soccer (Симуляция).
- Small Size Soccer (Колесные роботы малого размера).

Не менее популярная лига – роботы-спасатели RoboCupRescue. Основная задача лиги является создание робота способного на «спасение пострадавших» в виртуальных и в условиях, приближенных к реальным районам бедствия и зон разрушения.

– RoboCupRescue Robot League (специальные лабиринты / полигоны).

– RoboCupRescue Simulation League (программная симуляция).

С целью популяризации среди подростков была создана юношеская лига RoboCup Junior, которая в свою очередь включает в себя:

- RoboCupJunior Soccer (футбол колесных роботов).
- RoboCupJunior Rescue (роботы спасатели).
- RoboCupJunior Dance (театральная постановка с участием роботов).

Самая молодая лига, который на данный момент набирает большую популярность это лига RoboCup@Home. RoboCup@Home – соревнования роботов которые приспособлены для выполнения быто-

вых задач. Соревнования проходят на полях, имитирующих интерьер квартиры в натуральную величину.

Авторы доклада принимали активное участие в следующих соревнованиях: RoboCup Russia Open 2017 (Томск), RoboCup Nagoya Japan 2017 (Нагойе, Японии), RoboCup Asia-Pacific 2017 (Бангкок, Таиланд).

С 17 мая по 19 мая 2017 г. были проведены соревнования по робототехнике RoboCup Russia Open 2017 в г. Томске.



Рис. 1. Логотип RoboCup Russia Open

В рамках турнира RoboCup Russia Open команды «КССР-1» и «КССР-2» приняли участие в соревнованиях вида RoboCupJunior CoSpace Rescue Challenge. В данных соревнованиях участники двух разных команд должны были разработать стратегии для своих роботов в программе CsBot Rescue 2016, которые в симуляционном пространстве, на виртуальной арене могли бы выполнять различные задачи по спасению объектов. За их собирание и выгрузку в специально отведенной зоне начисляются очки, которые в течение 8 минут накапливаются у каждой команды. Данное состязание проходит на двух разных картах (мирах). Побеждает команда, набравшая наибольшее количество очков за 8 мин игры.

От нашей группы были выставлены на участие две команды: КССР-1 и КССР-2. Перед нами стояли задачи:

- изучить логику работы программы CsBot Rescue 2016 для её дальнейшего эффективного использования в ходе соревнований;
- научиться работать в команде;
- применить все полученные навыки в программировании для того, чтобы добиться качественного движения робота по виртуальной арене.

В ходе состязаний, обе команды заняли призовые места. Также во время проведения данных соревнований были получены навыки в работе с программой CsBot Rescue 2016, был получен значимый опыт в командной работе, был получен опыт в написании читаемого и правильно функционирующего кода. Такие навыки могут пригодиться в решении многих задач, касающихся разработки качественного ПО.

Соревнования RoboCup Nagoya Japan 2017. С 27 июля по 31 июля 2017 г. были проведены соревнования по робототехнике RoboCup Nagoya Japan 2017 в городе Нагое, в Японии. В соревнованиях лиги RoboCupJunior CoSpace Rescue от ТУСУРа приняла участие команда «KCUP-2».

В рамках проведённых соревнований была поставлена задача:

– используя полученные навыки в программировании реального и виртуального роботов, добиться максимально эффективного движения робота и сбора объектов на реальной и виртуальной аренах согласно сформированной стратегии, как на реальной, так и на виртуальной местности.

Состязание на международном уровне помимо индивидуальных соревнований включало в себя турнир SuperTeam. SuperTeam подразумевает под собой противоборство объединённых двух команд в одну путём проведения жеребьёвки. В данном турнире команда «KCUP-2» выступила на пару с командой из Тайваня «Formosa».

Также был проведён особый вид состязаний, в котором вместо сбора объектов и их выгрузки роботы должны были достичь финишной зоны, при этом стараясь проехать через достаточное количество квадратов на поле для набора большого количества баллов. Пример карты данного состязания предоставлен на рис. 2.

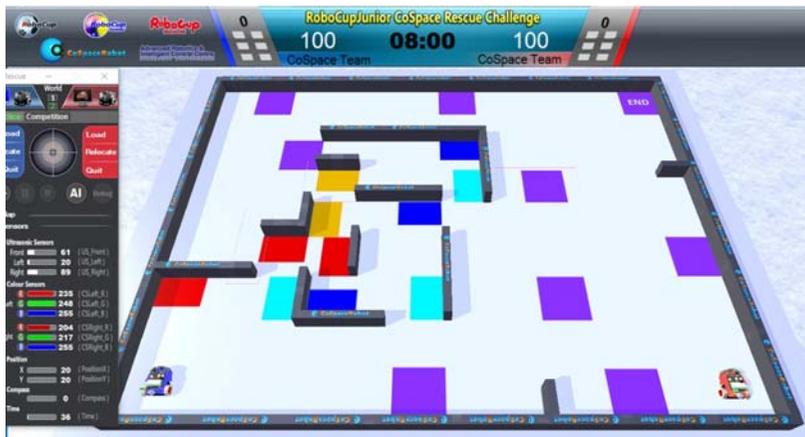


Рис. 2. Пример карты

В ходе соревнований в Японии было сформировано представление о конкурировании с командами на международном уровне, был получен опыт в командной работе и написании программы для робота-спасателя.

Соревнования RoboCup Asia-Pacific 2017. С 14 декабря по 18 декабря 2017 г. были проведены соревнования по робототехнике RoboCup Asia-Pacific 2017 в г. Бангкоке, в Таиланде. В рамках данных состязаний, от нашей группы приняла участие команда «КСУР-2» в соревнованиях лиги RoboCupJunior CoSpace Rescue. В ходе состязаний, команда «КСУР-2» заняла призовое место на пару с иранской командой «Sina» в состязаниях вида SuperTeam. Также был получен опыт в общении и совместной работе с командами из других стран, в быстром написании кода для робота-спасателя в пользу его качественного ориентирования в пространстве и эффективного движения, как на реальной, так и на виртуальной аренах. Такие навыки могут пригодиться в создании роботов, назначение которых связано со спасением пострадавших людей в действительности.

На сегодняшний день Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) является одной из ведущей площадок для проведения международных соревнований RoboCup в России. На базе ТУСУРа была создана научная школа: Разработка и исследование базовых принципов безопасного функционирования интеллектуальных робототехнических систем с использование естественно-языкового интерфейса Интернета вещей, под руководством Р.В. Мещерякова. А также созданы команды для участия как в Российских, так и международных соревнований в области робототехнике. На момент написания статьи команды кафедры КСУП готовятся участвовать в соревновании RoboCup Russian Open 2018 которые будут проходить 14–15 апреля 2018 г. в городе Томске.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. RoboCup Federation official website [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://robocup.org/> (дата обращения: 15.02.2018).
2. RoboCup Russian Open [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://robocuprussiaopen.ru> (дата обращения: 22.02.2018).

#### РОБОТ-ХУДОЖНИК

***В.А. Никонов, М.В. Сергеев, студенты***

*Научный руководитель М.Е. Антипин, доцент каф. УИ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, ame@2i.tusur.ru*

Как известно манипуляционные роботы уже давно используются в промышленности, сельском хозяйстве, медицине. В этой работе мы решили создать робота для не типичной сферы, для искусства.

Данный проект «Робот-художник» является примером манипуляционного робота.

Манипуляционный робот – автоматическое устройство, состоящее из манипулятора и перепрограммируемого устройства управления, которое формирует управляющие воздействия, задающие требуемые движения исполнительных органов манипулятора.

Робот представляет собой манипулятор с двумя степенями свободы, показанный на рис. 1, у которого в качестве рабочего органа используется штатив для пера с интегрированным в него пишущим средством.

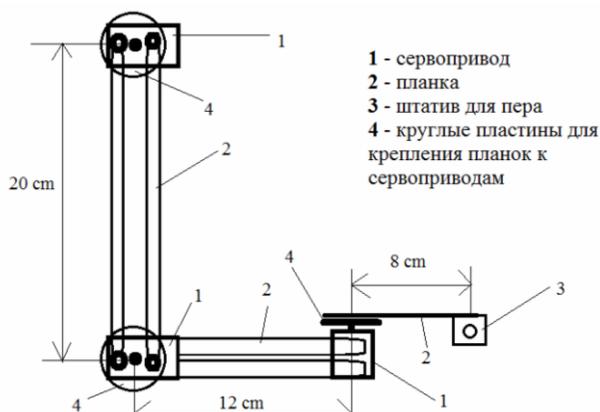


Рис. 1. Схема манипулятора «Робот-художник»

В проекте решена обратная задача кинематики и задача определение положения рабочего органа в плоскости в зависимости от углов поворота сервоприводов. При расчете берутся координаты пикселя и вычисляются соответствующие углы приводов.

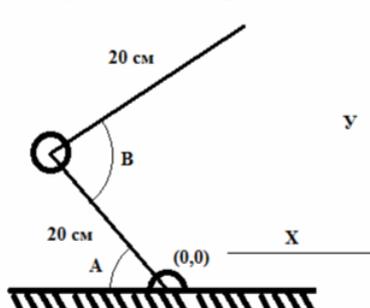


Рис. 2. Схема решения инверсной задачи кинематики

Полностью собранный опытный образец «Робота-художника» показан на рис. 3 и 4.



Рис. 3. Полностью собранный «Робот-художник» (вид сбоку)



Рис. 4. Полностью собранный «Робот-художник» (вид сверху)

Робот-художник работает по следующему алгоритму:

1. Сначала конвертируем изображение, которое хотим нарисовать в формат .png. После этого алгоритм преобразовывает рисунок в формат ч/б пикселей, как это показано на рис. 5.

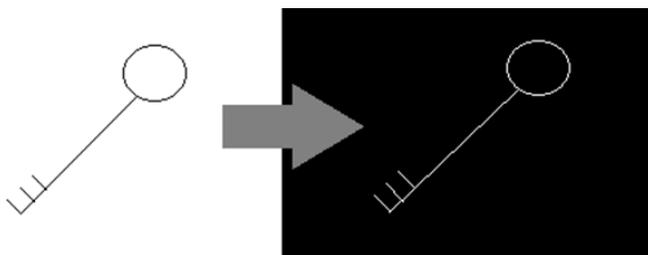


Рис. 5. Процесс конвертации в формат ч/б пикселей

2. Когда находится 1, которая соответствует белому пикселю на рисунке, рабочий орган перемещается в это положение и опускает ручку. После этого проверяются ближайшие 8 пикселей и, если находится хоть один, ручка перемещается на него, не отрываясь от плоскости. При этом предыдущий пиксель заменяется на 0, чтобы избежать повторов. Таким образом продолжается работа, пока не исчезнут

все 1. Функция повторяется по кругу и позволяет создавать плавные линии. После этого, рабочий орган перемещается в новое положение проверяет новый массив пикселей. Данный алгоритм позволяет постепенно воспроизвести весь рисунок.

### 3. Прорисовка полученных пикселей.

После успешной сборки и проверки работоспособности электронной и механической частей конструкции робота было проведено несколько испытаний.

По результатам тестирования видно, что алгоритм загрузки, конвертации и проверки пикселей изображения успешно выполняется, манипулятор успешно совершает движения, направленные на отрисовку изображения.

В заключении можно сказать, что был спроектирован и создан опытный образец программируемого манипуляционного робота «Робот–художник».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев В.С., Лесков А.Г., Ющенко А.С. Системы управления манипуляционных роботов. – М., Наука. – 1978. – 416 с.
2. Дьяконов В.П. MATLAB 6.0/6.1/6.5/6.5 + SP1 + Simulink 4/5. Обработка сигналов и изображений. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 592 с.
3. Мартынов Н. Введение в MATLAB 6. – М., Кулиц-образ. – 2002.

## PILL-HELPER С ТЕЛЕПРИСУТВИЕМ ВРАЧА

*А.А. Улжанова, студентка*

*Научный руководитель М.Б. Шуренова, преп. каф. ЕНД, м.е.н.  
г. Актобе, Республика Казахстан, aktot1996@mail.ru*

Наука движет мир вперед, и в любых областях жизнедеятельности человека нужны какие-либо нововведения. В данном примере хотелось бы выбрать как определенный аспект – область медицины, а точнее ее технического потенциала. Инновационные технологии развиваются очень быстро. Робототехника является сегодня одним из приоритетных направлений развития страны. Медицинская робототехника – это следующий большой шаг на пути развития современной медицины. Главной целью роботов в медицине является высокая точность и качество обслуживания, зачастую, в условиях непрерывного медицинского обслуживания, врачи физически не могут уделить достаточно внимания пациентам, особенно если они находятся на большом расстоянии.

**Цель:** Создание 3D-модели будущего робота «Pill-Helper с телеприсутствием врача» и оценить его необходимость в стационаре.

**Задачи**

1. Создать 3D-модель робота Pill-Helper в программной среде 3D MAX STUDIO.

2. Презентовать в стационаре 3D-модель робота Pill-Helper с телеприсутствием врача-

3. Анализировать необходимость и эффективность робота Pill-Helper.

**Материалы и методы.** При проведении опроса «Необходим ли в стационар робот Pill-Helper с телеприсутствием врача?» в медицинском центре ЗКГМУ участвовали 23 медицинских персонала и 77 пациентов.



Рис. 1. Робот Pill-Helper с телеприсутствием врача (вид спереди)



Рис. 2. Робот Pill-Helper с телеприсутствием врача (вид сбоку и сзади)

**Результаты работы.** После показа 3D-модели по мнению медиков, Pill-Helper с телеприсутствием врача снизит время на госпитализацию и обеспечит удобство, быстроту реагирования и комфорт. При проведении опроса медицинские персоналы стационара Медицинского центра ЗКГМУ единогласно одобрили введение в стационар робота, так как пациент будет находиться постоянно во внимании врача и медицинских сестер. При проведении среди пациентов опроса «Необходим ли в стационар робот Pill-Helper с телеприсутствием врача?» 90% пациентов дали позитивный ответ.

**Заключение.** Разработка и включение робота Pill-Helper с телеприсутствием врача в стационар позволит поддерживать связь с ме-

дицинским персоналом и напоминать время приема медикаментов, своевременно оповещать о проблемных ситуациях при необходимых действиях. Также и для самих пациентов это станет удобным и полезным нововведением. С помощью экрана и нанокамеры робот будет совершать разговор с медицинским персоналом, устраняя проблемы использования мобильных телефонов, с которыми сталкиваются многие пожилые пациенты. Для пациентов с проблемами со слухом будет отображаться текст на экране. Роботы в медицине успешно функционируют и приносят незаменимую помощь сотрудникам медицинских учреждений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А.А. Основы робототехники. – М.: Форум, 2012. – 224 с.
2. Макаров И.М. и др. Робототехника. История и перспективы. – М.: Наука, МАИ, 2003. – 352 с.
3. Предко М. 123 эксперимента по робототехнике. – М.: НТ-Пресс, 2007. 544 с.

#### АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ TIME SENSITIVE NETWORK

*О.Е. Юшин, студент*

*Научный руководитель А.А. Зоркальцев, ст. преподаватель  
г. Томск, ТУСУР, каф. УИ, oleg-940323@mail.ru*

В наше время никого уже не удивить роботами или автоматизированными системами, которые во много раз упрощают жизнь человека. Эти системы состоят из различных датчиков и исполнительных механизмов, которые работают с помощью управляющего модуля. Управляющим модулем обычно является микроконтроллер. Для передачи пакетов данных между управляющим модулем и управляющимися им устройствами используется промышленная сеть. Промышленная сеть состоит из проводов, кабелей, повторителей сигнала, усилителей, сетевых коммутаторов, маршрутизаторов. Одними из популярных сетей являются Profibus, CAN, DeviceNet, CANopen, Interbus, AS-Interface, ControlNet, Foundation Fieldbus, Ethernet. Самой популярной на данный момент промышленной сетью является Ethernet. На базе Ethernet реализовывается технология Time Sensitive Network (TSN).

Целью данной работы является проведение анализа технологии Time Sensitive Network, а так же рассмотрение применения этой технологии в робототехнике.

Time Sensitive Network (сеть чувствительная ко времени) – это технология, которая обеспечивает синхронизацию устройств подклю-

ченных с помощью Ethernet. Синхронизация достигается путем перераспределения трафика посредством раздачи приоритетов определенным устройствам. Синхронизация обеспечивается с помощью стандартов IEEE 802. Все стандарты, описывающие TSN приведены в таблице. TSN начала разрабатываться в 2012 году, в ее основе лежит протокол Audio Video Bridging (AVB). Протокол AVB предназначен для передачи данных аудио-видео систем по Ethernet.

Плюсами этого протокола является:

- резервирование трафика для синхронизации устройств, это необходимо, чтобы сделать задержку меньше 2 миллисекунд;
- обеспечение качества передачи, т.е. сведения потери пакетов данных к минимуму, при этом качество аудио и видео не должно стать хуже;
- уменьшение количества проводов, кабелей и оборудования.

Компании, такие как TTTech, Intel, National Instruments, Cisco, Xilinx и др. увидели возможность применения этой технологии в сфере производственной деятельности и решили разработать технологию, которая имела все те возможности, что и AVB, но с акцентом на производство. Так и появилась технология Time Sensitive Network.

#### Стандарты, описывающие TSN

Стандарт	Область	Задача
IEEE 802.1ASRev, IEEE 1588	Сроки и синхронизация	Усовершенствование и улучшение производительности
IEEE 802.1Qbu & IEEE 802.3br	Экспедирование и очередь	Предотвращение потери кадров и трафик Interspersing Express
IEEE 802.1Qbv	Экспедирование и очередь	Улучшения для запланированного трафика – временное формирование трафика
IEEE 802.1Qca	Контроль пути и резервирование	Контроль пути и резервирование
IEEE 802.1Qcc	Резервное хранилище (SRP)	Усовершенствование и улучшения производительности протокола резервирования потока (SRP)
IEEE 802.1Qci	Временная защита от вторжений	Фильтрация и полиграфия по потоку
IEEE 802.1CB	Резервное хранилище (SRP)	Репликация и устранение кадров для обеспечения надежности

В робототехнике TSN сможет занять достаточно важное место, особенно в робототехнических комплексах.

Робототехнический комплекс представляет собой систему различных роботов и сенсорных систем, задача которых является взаи-

модействие друг с другом для выполнения определенной задачи, поставленной для этого комплекса. Одними из основных характеристик таких комплексов является точность работы каждой части комплекса, сведение времени работы к минимуму, уменьшение размеров интерфейса. Большинство характеристик достигаются с помощью синхронизации и правильным управлением трафика сети. Отсюда следует, что TSN будет очень полезна в робототехнике, ввиду того, что способна выполнить задачи, поставленные перед ней робототехнической системой.

В дальнейшем, TSN получит большую популярность ввиду своих достоинств, а так же будет продолжать развитие и расширение возможностей во всех сферах жизнедеятельности человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Как работает AVB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.osp.ru/lan/2014/01/13039323/> (дата обращения: 05.11.2017).
2. Time Sensitive Network (TSN) Protocols and use in EtherNet/IP Systems // Frisco, Texas, USA, October 13, 2015.
3. TSN – Time Sensitive Networking [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belden.com/hubfs/resources/knowledge/white-papers/tsn-time-sensitive-networking.pdf?hsCtaTracking=c812c7a2-3d80-455d-b80a-d51fc7871b62%7Ca77d5d1e-6fc7-4414-8b89-7717bd71acc9> (дата обращения: 12.11.2017).

### ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ ETHERNET

*Ж.К. Айтбаева, студентка*

*Научный руководитель А.А. Зоркальцев, стар. преподаватель  
г. Томск, ТУСУР, каф. УИ, вед. Спец. ООО «Элетим»,  
zhaniya.aitbaeva@mail.ru*

Резервирование – это практически единственный и широко используемый способ увеличения надежности систем автоматизации [1]. Резервирование сетей Ethernet позволяет исключить влияние отказа одного из узлов сети на работу целого сегмента или нескольких сегментов сети.

Необходимость развития данного направления заключается в стандартизации различных методов резервирования сетей для промышленных робототехнических комплексов. В данной статье приведен обзор современных технологий резервирования промышленных сетей: Parallel Redundancy Protocol (Протокол Параллельного Резервирования, далее PRP) и High Availability Seamless Ring (Высоконадежное Однородное (бесшовное) резервирование, далее HSR). В ходе ис-

следований необходимо провести оценочные испытания, для того, чтобы определить характеристики нескольких платформ при использовании данных протоколов.

PRP – это протокол резервирования для сетей Ethernet (стандартизированное использование IEC 62439-3, раздел 4), который применяется в качестве одного из протоколов резервирования для автоматизации подстанций в стандарте IEC 61850 [1]. PRP является независимым от приложения протоколом, который может быть использован для большинства промышленных приложений Ethernet, которые требуют надежной высокоскоростной связи. Основой PRP является использование, как минимум двух одновременно активных, независимых друг от друга соединений между двумя узлами сети. Источник данных посылает их синхронно по двум Ethernet каналам. Протокол PRP возможно использовать в сетях практически любых топологий, но чем сложнее топология, тем сложнее будет реализовать ее резервирования. На рис. 1 для примера изображена операция PRP над топологией звезды.

Параметры PRP:

- локальные сети независимы друг от друга;
- каждый узел имеет два интерфейса Ethernet, одинаковые MAC и IP адреса;
- PRP – резервирование второго уровня, которое возможно использовать в протоколах более высокого уровня.

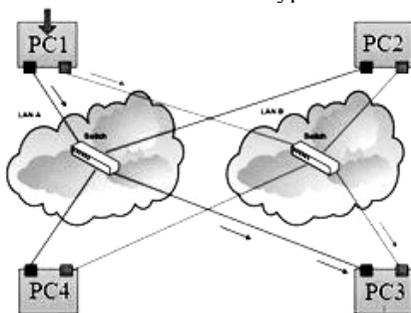


Рис. 1. PRP топология звезды

Операции PRP:

- исходный узел одновременно отправляет две копии одного кадра, по одному на каждый порт;
- каждый кадр перемещается по соответствующей локальной сети до тех пор, пока не достигнет узла назначения;
- целевой узел принимает первый кадр и отбрасывает второй, каждый кадр имеет свой порядковый номер.

Обнаружение и восстановление ошибок PRP:

- PRP обеспечивает восстановление с нулевой задержкой;
- регулярные проверки резервирования на обнаружение сбоев.

Формат кадра PRP (рис. 2):

- каждый кадр имеет RTC;
- 16-рядный порядковый номер;
- 4-битный индикатор LAN: 1010 (0xA) для LAN A и 1011 (0xB) для LAN B (рис. 1);
- 12-битный размер кадра;
- дублированные кадры проходят одновременно через 2 сети с разной задержкой;
- при получении пакета PRP, коммутатор анализирует MAC-адрес пакета (поле RTC) – номер последовательности и контрольную сумму.



Рис. 2. Формат кадра PRP

В целом протокол PRP позволяет создать сеть с высокой степенью надежности и любой топологией, но это требует значительных затрат на оборудование, инфраструктуру и сетевые компоненты.

HSR – это последующее развитие концепции параллельного резервирования. Протокол HSR так же, как и PRP основан на стандарте IEC 62439-3. Отличием HSR от PRP заключается в том, что в HSR резервируются соединения, а не сеть. В данном протоколе также используется два сетевых порта у конечного устройства для подключения к сети, но цепочкой, замкнутой в кольцо. В данной схеме подключения один из коммутаторов назначается менеджером, задачей которого является блокирование передачи данных по одному из направлений и тестирование целостности кольца, при помощи отправки тестовых пакетов. Блокирование замыкающей линии позволяет избежать возникновения коллизии, описанной в стандартном протоколе IEEE 802.2 Ethernet. При этом сохраняется свободное перемещение данных между всеми узлами логически, по линейной топологии. При проведении теста на целостность, менеджер кольца рассылает тестовые пакеты (A и B), в обоих направлениях и ждет их возвращения по кругу. При потере тестовых пакетов менеджер определяет разрыв кольца и активизирует заблокированную линию для передачи данных. То есть, при отказе любого места кольца оно становится линейной структурой.

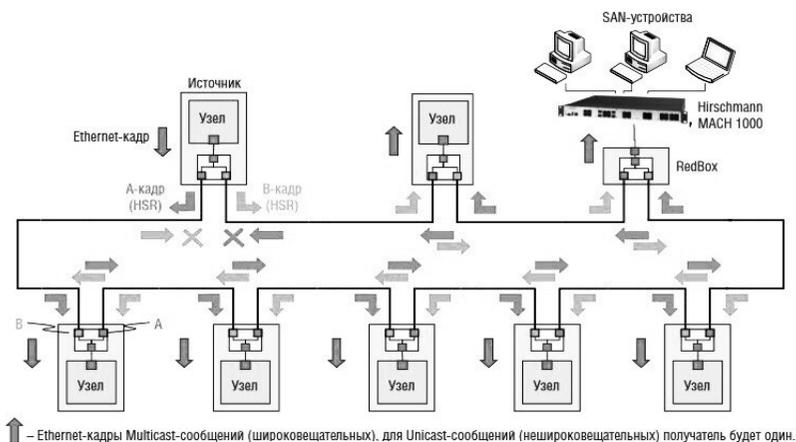


Рис. 3. Схема кольца HSR

Формат кадра HSR аналогичен кадру PRP (рис. 4):

- каждый кадр имеет HSR Ethertype, индикатор пути, поле размера и порядковый номер;
- приемник отслеживает последовательности для каждого MAC-адреса источника;
- кадры с одинаковыми значениями источника и порядкового номера, поступающие от разных линий отбрасываются;
- для того, чтобы контролировать сеть, узел может хранить таблицу других узлов в сети, что позволяет отслеживать обрывы и ошибки шин;
- узел распознает кадры, отправленные по его исходному адресу и порядковому номеру.

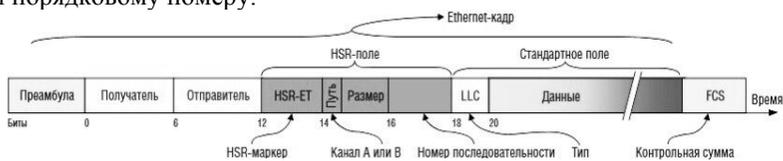


Рис. 4. формат кадра HSR

Цели использования PRP и HSR:

- обеспечить нулевое время восстановления в случае отказа;
- создать сеть без единой точки отказа;
- обеспечить надежность в реальном времени для требовательных применений, например, автоматизации предприятий, авионики и т.д.;
- обеспечить привязку устройств к экономичным сетям;

- осуществлять сложные топологии, такие как кольца и кольца колец.

### Сравнение основных параметров протоколов PRP и HSR

Критерий	PRP	HSR
Топология сети	Любая сдвоенная	Кольцо
Количество устройств	Любое	512
Максимальное время восстановления	0 мс	0 мс
Типовое время восстановления	0 мс	0 мс

Сведения, приведенные в таблице являются идеальными, т.е. при применении протоколов на практике, скорее всего, возникнут задержки, вызванные различными причинами. Одной из таких причин может являться анализ полученных данных и сравнения их с «эталоном».

В ходе проделанной работы было проведено исследование существующих технологий резервирования сетей Ethernet для промышленных робототехнических комплексов. В ходе дальнейшей работы необходимо реализовать данные протоколы, на платформе компании Texas Instruments AMR3x, изучить их параметры (пропускную способность, время восстановления и т.д.), провести сравнительный анализ работы обоих протоколов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лопухов И. Резервирование промышленных сетей Ethernet на втором уровне OSI: стандарты и технологии. <http://www.cta.ru/cms/f/389383.pdf> (дата обращения: 28.02.2018).
2. Презентация компании Texas Instruments, Parallel Redundancy Protocol (PRP) Ethernet reference. Design for Substation Automation.

## **ПОДСЕКЦИЯ 1.8**

### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

*Председатель – Шурыгин Ю.А., первый проректор,  
зав. каф. КСУП, д.т.н., проф.;*  
*зам. председателя – Черкашин М.В., доцент каф. КСУП, к.т.н.*

#### **МОДУЛЬ РУЧНОГО ПОДОБОРА ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ МАЛОСИГНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СВЧ-ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА**

*Д.А. Кожин, Т.Н. Файль, А.А Кун, студенты;*  
*А.А. Калентьев, к.т.н., доцент*  
*г. Томск, каф. КСУП, ТУСУР, treplays1@gmail.com*  
*Проект ГПО КСУП-1305 «Программа анализа  
и обработки СВЧ-измерений»*

В существующих популярных САПР СВЧ-устройств, реализовано множество функций, что значительно удорожает конечный программный продукт. Некоторые САПР в числе прочих функций также позволяют выполнять автоматизированное построение моделей СВЧ-транзисторов, с возможностью последующей корректировки параметров эквивалентной схемы, лежащей в основе модели активного элемента. Анализ существующих программных продуктов позволяет сказать, что на рынке отсутствует узкоспециализированное ПО для построения моделей СВЧ-транзисторов с последующей возможностью корректировки параметров модели [1].

Исходя из этого факта было принято решение разработать новое приложение. В качестве базовой функциональности которого были приняты такие возможности, как:

1. Загрузка файлов измерений S-параметров транзистора.
2. Построение модели на основе полученных измерений.
3. Используя полученную модель, корректировать значения параметров транзистора.

Макет пользовательского интерфейса представлен на рис. 1 [2].

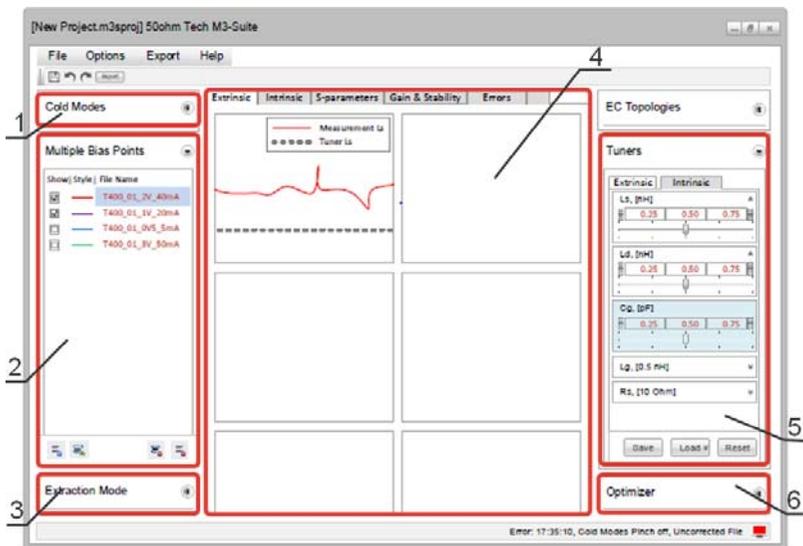


Рис. 1. Макет пользовательского интерфейса

Можно выделить следующие шаги построения модели с использованием данного приложения:

1. Загрузка файлов измерений S-параметров транзистора в «холодном» режиме в формате Touchstone (.s2p) (без подачи напряжения) (рис. 1, 1);
2. Загрузка файлов измерений S-параметров транзистора в «рабочих» точках в формате Touchstone (.s2p) (измерение при заданном токе и напряжении) (см. рис. 1, 2);
3. Выбор «рабочих» точек (см. рис. 1, 2);
4. Выбор метода экстракции (см. рис. 1, 3).

После построения модели у пользователя появляется возможность рассмотреть частотные характеристики внешних и внутренних параметров транзистора (см. рис. 1, 4), а также регулировать значения параметров посредством тюнеров (см. рис. 1, 5). Изменяя положение тюнера параметра, можно добиться желаемой частотной независимости характеристик транзистора (определяется изменением частотной характеристики соответствующего параметра). Так же есть возможность автоматически оптимизировать значения параметров, выбрав вкладку «Optimizer» (см. рис. 1, 6) и сэкономить время, а также исключить возможные неточности ручной корректировки параметра.

Общая архитектура пользовательского интерфейса представлена в виде UML-диаграммы классов концептуального уровня на рис. 2 [3].

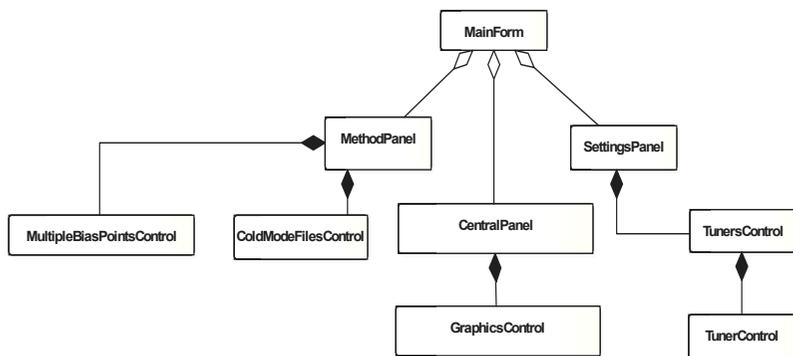


Рис. 2. UML-диаграмма классов концептуального уровня

На текущий момент реализована следующая логика:

1. Загрузка файлов при помощи классов MultipleBiasPointsControl и ColdModeFilesControl.
2. Построение модели, используя загруженные файлы.
3. Извлечение внешних и внутренних параметров, установка значений тюнеров в классе TunerControl.
4. Построение и отображение графиков в классе GraphicsControl.

Изменение положения тюнера вызывает событие, которое даёт команду на перестроение графика или графиков, в зависимости от параметра, отображаемого на тюнере.

Таким образом можно сделать вывод, что использование данного приложения значительно сэкономит время инженерам, задача которых заключается в корректном построении модели GaAs полевого транзистора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горяинов А.Е. Автоматизированное построение моделей пассивных компонентов и их применение при структурно-параметрическом синтезе малолшумящих СВЧ-транзисторных усилителей: дис. канд. тех. наук. – Томск, 2016. – 168 с.
2. Программа анализа и обработки СВЧ-измерений DataViewer v.1.7. Модуль построения моделей пассивных СВЧ по измеренным S-параметрам. Passive Components Modelling [Электронный ресурс] // 50ohm Technologies. – Режим доступа: <https://50ohm.tech/ru> (дата обращения: 01.03.2018).
3. Учебное пособие Enterprise Architect [электронный ресурс]. – URL: [http://www.sparxsystems.com.au/resources/tutorial\\_home/](http://www.sparxsystems.com.au/resources/tutorial_home/) (дата обращения: 02.03.2018).

# ПРОГРАММА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПАССИВНЫХ СВЧ-КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ SMD

## GaAs- И CMOS-ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

*Г.А. Табакаев, В.Ю Юшин, А.А. Голубков, студенты;*

*А.Е. Горяинов, к.т.н, доцент*

*г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, tabakaevga@gmail.com*

*Проект КСУП-1305 «Программа анализа и обработки СВЧ-измерений»*

При проектировании СВЧ-устройств часто выполняется операция моделирования характеристик, которую невозможно выполнить без наличия точных моделей используемых компонентов. Само построение моделей при этом является трудоемкой и сложной задачей (процесс выведения формул, оптимизация значений), для решения которой постоянно разрабатываются новые методики, подходы и программное обеспечение в том числе.

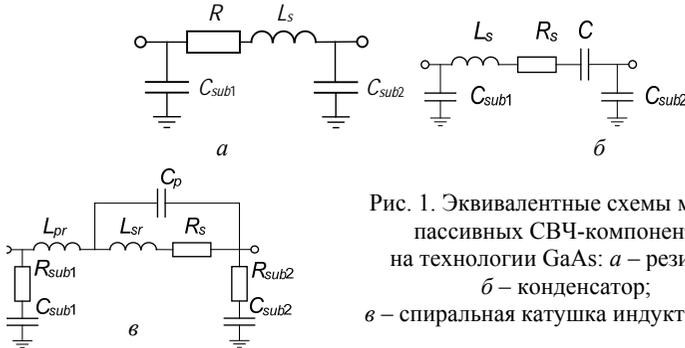


Рис. 1. Эквивалентные схемы моделей пассивных СВЧ-компонентов на технологии GaAs: *а* – резистор; *б* – конденсатор; *в* – спиральная катушка индуктивности

**Passive Components Modelling** (далее PCM) – это программа, предназначенная для построения моделей эквивалентных схем (ЭС) пассивных СВЧ-компонентов. Построение производится на основе файлов измерений параметров рассеяния компонентов с использованием аналитических формул и параметрической оптимизации [1].

На данный момент в PCM реализовано 6 моделей пассивных СВЧ-компонентов по технологии GaAs (рис. 1.) и CMOS (рис. 2) [2].

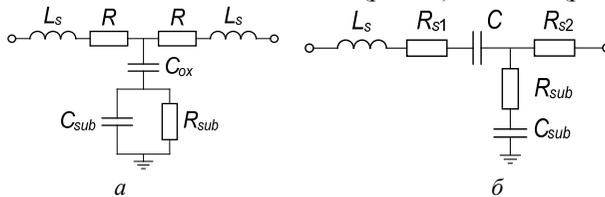
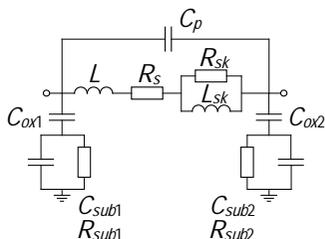


Рис. 2 (начало)



6

Рис. 2 (окончание). Эквивалентные схемы моделей пассивных СВЧ-компонентов на технологии CMOS:  
 $a$  – резистор;  $b$  – конденсатор;  $v$  – спиральная катушка индуктивности

В настоящий момент ведется разработка возможности построения моделей пассивных СВЧ-компонентов, производимых по технологии печатного монтажа (SMD).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горяинов А.Е. Построение моделей GaAs пассивных СВЧ-компонентов с использованием программы Passive Components Modelling / А.Е. Горяинов, Г.А. Табакаев, Д.В. Гарайс // «Актуальные научные исследования в современном мире» ISCIENCE.IN.UA: сб. науч. тр. – Переяслав-Хмельницкий, 2017. – Вып. 11(31). – Ч. 12. – С. 14–19.
2. Программа анализа и обработки СВЧ измерений DataViewerv.1.7. Модуль построения моделей пассивных СВЧ по измеренным S-параметрам. Passive Components Modelling [Электронный ресурс] // 50ohm Technologies. – Режим доступа: <https://50ohm.tech/ru> (дата обращения 03.03.2018).

### ПРОГРАММА ПОСТРОЕНИЯ МАЛОСИГНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СВЧ-ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА

*А.А. Кун, Т.Н. Файль, К.С. Жохов, студенты;*  
*А.А. Каленътев, к.т.н., доцент; И.М. Добуш, к.т.н., доцент*  
*г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, akun971@gmail.com*  
*Проект ГПО-1701 «Автоматизированная генерация*  
*научно-технической документации»*

Активные элементы, такие как транзистор являются сложными устройствами, имеющими нелинейный характер. Модель транзистора имеет эквивалентную схему с большим числом элементов, которая состоит из двух частей: внутренней и внешней. При расчете параметров транзистора могут возникнуть трудности из-за особенностей устройства. Для решения проблемы используются методы экстракции (определения параметров) малосигнальной модели, исходя из изме-

ренных параметров рассеяния в различных рабочих точках. Т.к. процедура экстракции значений элементов так же является трудоемким и время затратным процессом, принимаются решения по оптимизации различных методик экстракции.

**Active Components Modeling** (далее ACM) – это программа предназначена для построения малосигнальной модели транзистора, позволяющая значительно ускорить расчет параметров эквивалентной модели транзистора, тем самым облегчить труд инженера-разработчика. На рис. 1 представлен интерфейс программы ACM. Программа позволяет строить модели полевого транзистора на основе S-параметров, снятых в «холодном» и рабочем режимах, при этом возможно построение моделей в нескольких разных рабочих точках одновременно.

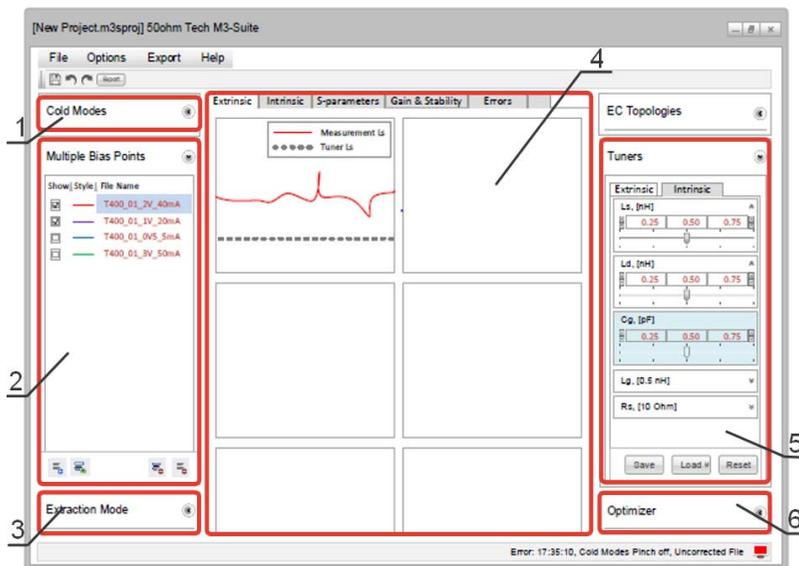


Рис. 1. Макет пользовательского интерфейса

Процесс построения модели происходит в несколько этапов:

- Загрузка результатов измерений, в «холодном» и в «рабочем» режимах работы. Результаты хранятся в файлах формата Touchstone (.s2p), загрузка осуществляется с панели Cold Modes и Multiple Bias Point. На рис. 1, (1) представлена панель Cold Modes.
- На панели Multiple Bias Point пользователю предоставляется возможность выбрать нужную рабочую точку из списка ранее загруз-

женных файлов измерений. На рис. 1, (2) представлена панель Multiple Bias Point.

- Во вкладке Extraction Mode предоставляется выбор метода экстракции параметров [1]. На рис. 1, (3) представлена панель Extraction Mode.

- После построения модели создаются графики зависимостей значения от частоты для каждого элемента эквивалентной схемы. По графикам производится анализ и оценка значений внутренних и внешних параметров. На центральной панели программы расположены вкладки для просмотра графиков внутренних и внешних параметров, вкладка просмотра S-параметров модели. На рис. 1, (4) представлены графики внешних параметров.

- Пользователь оценивает по графикам поведение параметров. Перемещая бегунки на панели Tuners, инженер-разработчик может добиться желаемого значения каждого элемента ЭС-модели транзистора. На рис. 1, (5) представлена панель Tuners.

- Для быстрой и качественной настройки параметров, на панели Optimizer можно запустить параметрическую оптимизацию. Программа автоматически подберет наиболее частотно независимые значения параметров [2, 3]. На рис. 1, (6) представлена панель Optimizer.

На данный момент в программе АСМ реализованы следующие возможности: загрузка файлов измерений (см. рис. 1, (1, 2)), методика Тайрани – экстракция малосигнальной модели транзистора, отображение графиков внутренних и внешних параметров (см. рис. 1, (4)), ручная настройка значений параметров – панель *Tuners* (рис. 1, (5)), запуск параметрической оптимизации.

Благодаря параметрической оптимизации и скорости построения моделей, программа существенно упростит процесс разработки мало-сигнальной модели СВЧ GaAs-полевого транзистора изготовленного по технологии MESFET и HEMT.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Tayrani R., Gerber J.E., Daniel T., Pengelly R.S., Rohde U.L. A new and reliable direct parasitic extraction method for MESFETs and HEMTs // Microwave Conference, 23 rd European. – 1993. – P. 451–453.

2. Горяинов А.Е. Автоматизированное построение моделей пассивных компонентов и их применение при структурно-параметрическом синтезе маломощных СВЧ-транзисторных усилителей: дис. ... канд. тех. наук. – Томск, 2016. – 168 с.

3. Yun I., Extraction of Passive Device Model Parameters Using Genetic Algorithms / I. Yun, L.A. Carastro, R. Poddar, M.A. Brooke, G.S. May, H. Kyung-Sook, K.E. Pyun // ETRI Journal. – 2000. – Vol. 22, №1. – P. 38–46.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ОБЁРТКИ  
ДЛЯ БИБЛИОТЕКИ РАСЧЁТА ХАРАКТЕРИСТИК  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ NGSPICE**

***В.Ю. Юшин, Г.А. Табакаев, А.А. Голубков, студенты;  
А.А. Калентьев, доцент, к.т.н.***

*г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, ushinvitali@gmail.com*

*Проект КСУП-1305 «Программа анализа и обработка СВЧ-измерений»*

Во времена технического прогресса, когда необходимо быстро и качественно решать ряд сложных задач. Основную роль в решении поставленных проблем отводится информационным технологиям. Среди информационных технологий системам автоматизированного проектирования отводится особое, значимое место. В СВЧ-электронике система автоматизированного проектирования (САПР) является самым главным инструментом инженера-проектировщика. Объясняется это огромной сложностью проектирования отдельных элементов и целых систем.

Современным проектировщикам предоставлен большой выбор программных средств для моделирования. На данный момент коммерческие САПР для СВЧ-устройств решают широкий спектр задач, которые не всегда могут быть нужны пользователю. Но увеличение числа функциональных возможностей ведет к росту цены на САПР. Разработка модулей для расчета характеристик устройств с высокой точностью невероятно сложная задача, которая требует много времени и денежных затрат. В связи с этим российские производители создают свои программные продукты на базе уже готовых библиотек симуляции электронных схем.

Большинство проблем, связанных с анализом схем, решаются в два этапа. Первым этапом нужно составить уравнения уравнивающие все токи и напряжения в цепи. Вторым заключается в решении полученных уравнений путем применения подходящих аналитических или численных методов.

Решение данных проблем достаточно сложная и объемная задача, чтобы выполнить ее потребуются затратит большое количество человеческих, временных и денежных ресурсов. По этой причине для создания САПР используются уже готовые решения в виде библиотек [1].

На рынке программного обеспечения существует достаточное количество таких продуктов как библиотеки симуляции электронных схем.

Выбор библиотеки для реализации проекта должен отвечать определенным критериям таким как:

- возможность использования в коммерческой разработке;
- стоимость;
- возможность расчёта шумовых параметров и S-параметров схемы.

Часть библиотек для сравнения приведена в таблице.

**Сравнение библиотек симуляции электронных схем**

Библиотека	Тип лицензии	Вид анализа
SPICE	BSD	По переменному току, по постоянному току, передаточной функции, шумов, переходных процессов
SIMetrix/ SIMPLIS	платная	Переходного процесса, периодический анализ рабочих точек, по переменному току
Ngspice	BSD	Нелинейный по постоянному току, нелинейный переходных процессов, линейный по переменному току, шумов, S-параметров
LTSpice	freeware	Переходных процессов, по переменному току, шумов и по постоянному току, преобразование Фурье
TINA	freeware	По переменному току, переходных процессов, по постоянному току, преобразование Фурье
qucsator	GPL	По постоянному току, по переменному току, гармонический баланс, по цифровому сигналу, переходных процессов, S-параметров, развертка по параметру, оптимизация
HSPICE	платная	По переменному току, по постоянному току, по цифровому сигналу, переходных процессов, спектральный, линейный, статистический, Монте-Карло, оптимизация

Сравнив данные решения, был выбран Ngspice, по ряду значимых критериев. Основными причинами выбора послужили BSD-лицензия и достаточный набор видов анализов схем.

Лицензия BSD позволяет бесплатно использовать программный продукт в коммерческих целях в исходном и измененном виде, что упрощает работу над проектом если потребуется видоизменить внутреннюю функциональность библиотеки.

Библиотека Ngspice реализована на языке программирования C, что позволяет использовать ее в приложениях, написанных на языках C/C++. Для использования Ngspice в приложении на языке программирования C# потребуется промежуточный модуль между библиотекой и конечным приложением. Модуль, который послужит прослойкой будет реализован на языке программирования C++, что позволит

ему беспрепятственно взаимодействовать с библиотекой симуляции электронных схем и с конечным приложением.

Конечное приложение будет передавать описание схемы в модуль и получать файл расширения \*.s2p с рассчитанными параметрами рассеяния схемы.

Взаимодействие модуля и библиотеки будет осуществляться с помощью обмена двумя типами файлов расширением \*.cir и \*.s2p. Модуль будет передавать файл расширением с \*.cir содержащий описание схемы и параметры элементов схемы, после чего принимать файл расширения \*.s2p с рассчитанными S-параметрами схемы.

Взаимодействие системы изображено на рис. 1.



Рис. 1. Схема взаимодействия конечного приложения с библиотекой

Используя данную систему, возможно реализовать приложение для проектирования СВЧ-схем и расчета их характеристик, написанное на языке программирования С# со скоростью расчета и возможностями сторонней библиотеки, реализованной на языке С.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2009. – 430 с.
2. SPICE (симулятор электронных схем) [Электронный ресурс]. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/SPICE> (дата обращения: 01.03.18).
3. Сайт ПАЯЛЬНИК [Электронный ресурс]. – URL: <http://chem.net> (дата обращения: 01.03.18).
4. Ngspice – Википедия [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ngspice> (дата обращения: 01.03.18).
5. Qucs – Википедия [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Qucs> (дата обращения: 02.03.18).
6. HSPICE [Электронный ресурс]. – URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1700378> (дата обращения: 02.03.18).

## ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ СВЧ-ГЕНЕРАТОР С ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИЕЙ ЗАДЕРЖКИ

*А.А. Лукина, аспирантка; Н.Г. Аманбаев, магистрант*  
*Научный руководитель А.С. Задорин, проф., каф. РЗИ, д.ф.-м.н.*  
*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ nur\_bolat\_1993@mail.ru*

Исследован экспериментальный макет оптоэлектронного автогенератора (ОЭАГ) с волоконно-оптической линией задержки (ВОЛЗ) и работающий на частоте 900 МГц. Рассмотрено влияние времени задержки в петле обратной связи автогенератора на его спектральную чистоту.

Первыми теоретическими и экспериментальными исследованиями ОЭАГ в структуре СВЧ-генераторов, по-видимому, следует считать работы групп В.Н. Парыгина, А. Найера, В.В. Григорьянца, А. Ярива, выполненные в 1975–1993 гг. [0]. Однако, наиболее широкое распространение техника ОЭГ получила спустя двенадцать лет, когда Яо и Малеки описали созданный ими оптоэлектронный автогенератор (ОЭАГ) с задержанной обратной связью, способный генерировать высокостабильные оптические сигналы на частотах до 70 ГГц [3].

Рассмотрим структурную схему экспериментального макета ОЭАГ с ВОЛЗ.

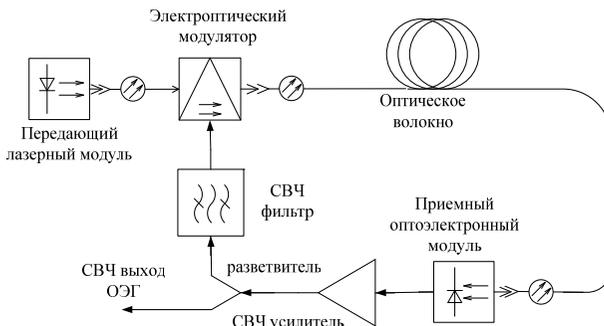


Рис. 1. Структурная схема ОЭАГ с ВОЛЗ

Целью настоящей работы является описание данного макета, в качестве резонансной структуры в котором использована линия задержки на основе оптического волокна (ОВ). Схема соединений макета приведена на рис. 2.

Принцип работы ОЭАГ с ВОЛЗ написано в работе [2–4].

Для экспериментального исследования ОЭАГ с ВОЛЗ нами был собран его макет с работой частотой 900 МГц, перестройка частоты не предусмотрена. Схема экспериментальной установки приведена на

рис. 2. Частота генерации ОЭАГ определяется лишь характеристикой передачи ППФ.



Рис. 2. Схема соединений макета ОЭГ

В макете использовались оптический передатчик с внешним модулятором 1550 nm Externally Modulated Optic Transmitter производства Hangzhou Huatai Optic Tech., ( $P = 3$  дБм,  $RIN = -160$  дБм/Гц), одномодовые волокна, служащие линией задержки ОЭАГ, фотодетектор FRM5J141GW производства фирмы Fujitsu (полоса пропускания 11 ГГц), ПАВ-фильтр (центральная частота 900 МГц, ширины полосы пропускания 30 МГц), широкополосные СВЧ-усилители (общий коэффициент усиления тракта 30 дБ) и направленный ответвитель (коэффициент ответвление  $-10$  дБм). Спектр ОЭАГ измерялся с помощью анализатора спектра Instek GSP-830.

Для фильтрации паразитных мод ОЭАГ использовалась серийная микросхема узкополосного ПАВ-фильтра, настроенного на центральную частоту 900 МГц с полосой пропускания 30 МГц. На рис. 3 приведена соответствующая АЧХ фильтра, измеренная с помощью анализатора спектра Instek GSP-830.

В качестве оптического резонатора ОЭГ использовались линии задержки, составленные из нескольких переключаемых отрезков стандартного одномодового ОВ с длинами  $l_{\text{ВОТ}} = 2,72$  и  $l_{\text{ВОТ}} = 420$  м.

На рис. 4. Приведены соответствующие спектральные характеристики излучения ОЭАГ на частоте 900 МГц. Как следует из рисунков в спектре генерации макета ОЭГ при  $l_{\text{ВОТ}} = 2,72$  м (время задержки 0,01319 мкс) присутствует только две спектральные компоненты. При этом область свободной дисперсии (ОСД) составила 8 МГц.

Из рис. 4. видно, что при увеличении длины ОВ до 420 м (время задержки 2,006 мкс) в спектре генерации ОЭАГ формируется свыше 30-ти паразитных спектральных компонент. При этом размер ОСД сокращается до 0,5 МГц.

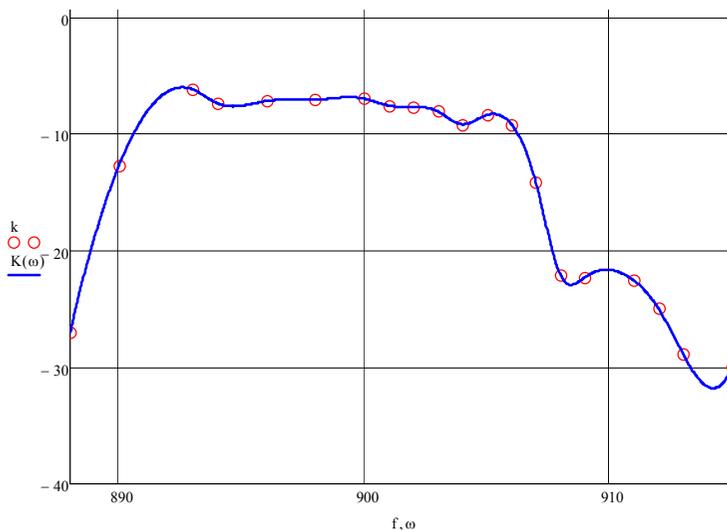


Рис. 3. АЧХ ПАВ-фильтра

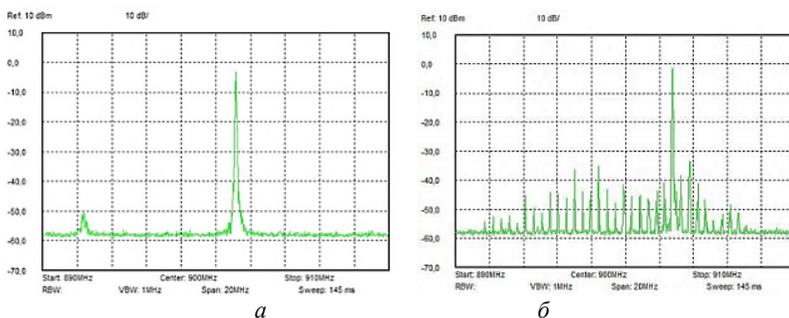


Рис. 4. Спектр генерации макета ОЭГ на частоте  $f_0 = 900$  МГц:  
 $a - l_{\text{ВОТ}} = 2,72$  м;  $b - l_{\text{ВОТ}} = 420$  м

Таким образом, в данной работе дано описание экспериментальной работе макета ОЭАГ, способного генерировать гармонический сигнал на частоте 900 МГц. Полученные нами с помощью данного макета экспериментальные результаты подтвердили известный из литературы факт снижения уровня фазовых шумов автогенератора при увеличении длины волоконно-оптической линии задержки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Парыгин В.Н., Гассаб Х. К теории генератора с оптической линией задержки // Вестн. Моск. ун-та. Сер.: Физика, астрономия. – 1975. – Т. 16, № 6. – С. 659–665.
2. Neyer A., Voges E. // Appl. Phys. Lett. – 1982. – Vol. 40, No. 1. – P. 6–8.
3. X. Steve Yao, Lute Maleki. Optoelectronic microwave oscillator // Journal of the Optical Society of America B. – Vol. 13, № 8. – August 1996. – P. 1725–1735.
4. Maleki L. The optoelectronic oscillator // Nature Photonics. – 2011. – Vol. 5, No 12. – P. 728–730.

## **СЕКЦИЯ 1**

### **РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ**

#### **ПОДСЕКЦИЯ 1.1**

##### **РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН**

*Председатель – Тисленко В.И., проф. каф. РТС, д.т.н.;*  
*Зам. председателя – Захаров Ф.Н., доцент каф. РТС, к.т.н.*

<i>А. Азизов, С. Рысбеков, Д. Боранбаев, Д. Шарипова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ МОДУЛЯЦИИ.....	13
<i>В.С. Чернышов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ДВИЖЕНИЯ HC-SR501 .....	16
<i>А.А. Кузьмин, А.С. Раков, Д.С. Раков, И.Ю. Шеин</i> ОЦЕНКА НЕИДЕНТИЧНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК.....	19
<i>В.С. Новоженников, В.Н. Овсянникова</i> ПРИЕМНО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ БЛОК РЛС .....	21
<i>С. Рысбеков, А. Азизов</i> РАЗРАБОТКА SIMULINK-МОДЕЛИ ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ СПЕКТРОВ .....	23
<i>А.С. Сенникова</i> ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ .....	26
<i>Н.В. Собко</i> ГЕНЕРАТОР ЧАСТОТ ТЕРМИНАЛОВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ .....	30
<i>Д.В. Тимошин</i> УСТРОЙСТВО СИНХРОНИЗАЦИИ ШКАЛ ВРЕМЕНИ .....	33
<i>А.В. Очиртаров, Д.О. Ноздреватых</i> ВРЕМЕННЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЫСТРЫХ ФЛУКТУАЦИЙ РАДИОСИГНАЛОВ GPS ПРИ ПРИЁМЕ НА НАЗЕМНЫХ ТРАССАХ .....	36

## **ПОДСЕКЦИЯ 1.2**

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

*Председатель – Шостак А.С., проф. каф. КИПР, д.т.н.;*  
*зам. председателя – Озёркин Д.В., декан РКФ, к.т.н., доцент*

<i>Д.П. Дорожкин</i>	
ЦИФРОВОЙ РЕЗИСТОР (ПОТЕНЦИОМЕТР).....	40
<i>К.А. Джакыпов</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ ПЛОСКОСЛОИСТОЙ СТРУКТУРЫ НА ВЗАИМНЫЙ ИМПЕДАНС ДВУХ СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ЛИНЕЙНЫХ ВИБРАТОРНЫХ АНТЕНН.....	42
<i>Д.В. Ермолов, Б.В. Уткин</i>	
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИНИАТЮРНОГО ФНЧ С РАСШИРЕННОЙ ПОЛОСОЙ ЗАПИРАНИЯ ...	45
<i>Д.С. Лункин, К.Н. Калдар, А.А. Гуртовенко</i>	
СИМИСТОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА MSP430 .....	48
<i>М.А. Иноземцев</i>	
ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ДАТЧИКА ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СМЕЩЕНИЙ КРОВЛИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК .....	51
<i>В.О. Бондаренко, А.К. Драйлинг, А.Н. Калбаев</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ МИКРОТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ .....	53
<i>Д.Е. Понамарев</i>	
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЫ НА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛОВ .....	56
<i>М.П. Сухоруков, В.В. Мамлина, Д.В. Ли, Н.А. Шаляпина</i>	
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОСБОРОК ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИЛОВЫХ КЛЮЧЕЙ .....	58
<i>И.И. Горелкин, В.П. Зайцев, М.М. Абулкасымов</i>	
УСТРОЙСТВО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ЛЬДА .....	61

## **ПОДСЕКЦИЯ 1.3**

### **РАДИОТЕХНИКА**

*Председатель – Семенов Э.В., проф. каф. РЗИ, д.т.н., доцент*  
*зам. председателя – Артищев С.А., инженер каф. КУДР, к.т.н.*

<i>М. Дивеева</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ КЛАССИФИКАТОРА ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	65

***В.В. Рязанов***

ПРОВЕДЕНИЕ СИМУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМА ТЕПЛОВОГО  
ОБМЕНА СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММЫ НА ПРОСТОМ  
ПРИМЕРЕ МНОГОСЛОЙНОЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ..... 67

***А.С. Коряковцев, А.В. Помазанов, А.А. Коколов***

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО БУФЕРНОГО  
УСИЛИТЕЛЯ ДИАПАЗОНА 8–12 ГГц НА ОСНОВЕ  
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ 90 НМ Si-CMOS-ТЕХНОЛОГИИ..... 72

***А.В. Кулаков, А.В. Максимов***

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ:  
«СТЕНД АНАЛОГОВЫХ УСТРОЙСТВ»..... 78

***С.У. Махмадёрв***

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СИСТЕМЫ МИМО РАДАРА ..... 81

***А.Ю. Любимов, Д.И. Петров***

Делители мощности..... 83

***Е.С. Суржиков***

КОРРЕКЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ СИГНАЛА ..... 86

***В.Д. Турнаев, И.В. Лукиных***

КОЛЬЦЕВОЙ ДЕЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ..... 89

***Р.В. Серенков, С.И. Разгуляев, А.И. Зайниев***

РАССМОТРЕНИЕ БАЗОВЫХ СИСТЕМ КВАНТОВОГО  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ ..... 92

***Р.В. Серенков, С.И. Разгуляев, А.И. Зайниев***

ПРОТОТИП СИСТЕМЫ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ  
КЛЮЧЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛА B92 ..... 95

***Д.С. Соболев***

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ БЛОКИРОВАНИЯ  
В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ SYSTEMVUE..... 99

***Г.В. Корягин***

ПОБОЧНЫЕ СПЕКТРАЛЬНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЦИФРОВОГО  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО СИНТЕЗАТОРА ..... 102

**ПОДСЕКЦИЯ 1.5**

**АУДИОВИЗУАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ЦИФРОВОЕ  
ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ СЕРВИС**

*Председатель – Корячий М.И., доцент каф. ТУ, к.т.н.;*  
*зам. председателя – Костевич А.Г., доцент каф. ТУ НИЧ, к.т.н.*

***Л.Н. Андрийчук, О.С. Кошарева***

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА СДО MOODLE  
«ОБУЧЕНИЕ 3D-РУЧКАМ МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ 3D-РУЧКАМИ»..... 106

<b>Э.В. Леушков, В.Д. Антонов</b>	
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И СКОРОСТИ ПЕЧАТИ НА 3D-ПРИНТЕРЕ ПРИ ПОМОЩИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВУХ ЭКСТРУДЕРОВ.....	110
<b>А.М. Айткалиева</b>	
МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЮЩИХ КАМЕР С ПОМОЩЬЮ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ТАБЛИЦЫ В РЕЖИМЕ 4К И 8К .....	112
<b>С.В. Литвинова, А.О. Бакисова, В.Д. Маслénкина</b>	
РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРОГРАММЫ ДПО «ОПЕРАТОР 3D-ПЕЧАТИ» .....	115
<b>К.Н. Бондарчук, В.В. Прудникова</b>	
РАЗРАБОТКА КОМПЕТЕНТНОСТНОЙ КАРТЫ НАБОРА ПРОГРАММ ДПО «ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ».....	117
<b>К.Н. Бондарчук, В.В. Прудникова</b>	
РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРОГРАММЫ ДПО «СПЕЦИАЛИСТ ПО ВИДЕОМОНТАЖУ. ПОШАГОВАЯ МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ПЛАТНЫХ ВИДЕОКУРСОВ ПО ОБУЧЕНИЮ».....	121
<b>О.И. Черкасова</b>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ МСФО И РСБУ.....	124
<b>А.В. Гребенюк</b>	
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ.....	126
<b>А.А. Ишмухамбетова, А.М. Айткалиева, А.А. Сангилбаев</b>	
ОЦЕНКА КОНТРАСТНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЮЩИХ КАМЕР С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ IMATEST .....	128
<b>Е.В. Иванова, О.Д. Ильина, А.О. Тамарова</b>	
РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРОГРАММЫ ДПО «3D-СКАНИРОВАНИЕ. ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОСЛЕ СКАНИРОВАНИЯ».....	132
<b>Д.Е. Головина, А.В. Каменский</b>	
ИЗУЧЕНИЕ РЕКУРСИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ИХ СВОЙСТВ .....	135
<b>А.С. Валова, Л.Ю. Котовщикова</b>	
РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРОГРАММЫ ДПО «CRM-СИСТЕМА В РАБОТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ СЕРВИСА».....	137
<b>Е.В. Смык, К.А. Козлова</b>	
РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ УЧАСТИЯ В ТЕНДЕРАХ.....	140

<b><i>В.Е. Кяжина, О.С. Трушкина</i></b>	
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ШКОЛЫ БЛОГГЕРСТВА ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ В ГОРОДЕ ТОМСК .....	142
<b><i>Т.Е. Лингевич</i></b>	
ЗАДАЧА ОБ ОПТИМАЛЬНОМ СМЕШИВАНИИ ЗЕМЛИ .....	145
<b><i>В.Д. Маслѐнкина, С.В. Литвинова</i></b>	
КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕСТАВРАЦИИ МЕБЕЛИ .....	147
<b><i>К.В. Пельменѐва</i></b>	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ «2D- И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ» .....	149
<b><i>Е.В. Перфильев</i></b>	
К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ БИЗНЕСА.....	150
<b><i>Е.В. Перфильев</i></b>	
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ МЕТОД СРАВНЕНИЯ ИДЕЙ .....	153
<b><i>К.С. Полунина, Д.А. Мозгова</i></b>	
АНАЛИЗ КОМПАНИЙ, ВЫПУСКАЮЩИХ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ETHERNET ОТ КОНДУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ МОЩНЫХ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ.....	156
<b><i>А.А. Сангилбаев, А.М. Айткалиева, А.А. Ишмухамбетова</i></b>	
ОЦЕНКА КООРДИНАТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЮЩИХ КАМЕР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ IMATEST .....	159
<b><i>О.К. Шнякина</i></b>	
ОБЗОР МЕТОДОЛОГИЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ IT-ПРОЕКТАМИ.....	162
<b><i>Н.В. Степанова, О.А. Сидорова</i></b>	
ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ «ИНФОРМАЦИОННЫЙ МАРКЕТИНГ» .....	165
<b><i>Е.В. Смык, К.А. Козлова</i></b>	
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ «ЮРИДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ И ПРЕДПРИЯТИЕМ СЕРВИСА» .....	168
<b><i>М.С. Танаева</i></b>	
МОДЕРНИЗАЦИЯ 3D-ПРИНТЕРОВ ПРИ ИХ КОММЕРЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ .....	172
<b><i>М.С. Танаева</i></b>	
ВЫБОР ТИПА СЧЕТЧИКА ФИЛАМЕНТА ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ НА ПРИНТЕРАХ FDM-ТЕХНОЛОГИИ .....	175
<b><i>М.С. Танаева</i></b>	
АВТОМАТИЧЕСКАЯ АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРОВ.....	177

**О.С. Трушкина, В.Е. Кяжина**

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ НАПРАВЛЕНИЯ  
ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ «СЕРВИС» С ЦЕЛЬЮ ПРИВЛЕЧЕНИЯ  
АБИТУРИЕНТОВ НА СПЕЦИАЛЬНОСТЬ ..... 181

**Э.В. Лешуков, В.Д. Антонов, В.В. Тукмаев**

РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА,  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ КУРСА И УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ  
В СФЕРЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ 3D-ПРИНТЕРОВ..... 184

**Л.А. Утарова**

ЭТАПЫ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ..... 186

**А.С. Валова, О.Д. Ильина**

РАЗРАБОТКА КОМПЕТЕНТНОСТНОЙ КАРТЫ НАБОРА  
ПРОГРАММ ДПО «УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ СЕРВИСА»..... 189

**А.О. Бакисова, Н.О. Власова**

РАЗРАБОТКА КОМПЕТЕНТНОСТНОЙ КАРТЫ МАГИСТЕРСКОЙ  
ПРОГРАММЫ «АКТИВНОЕ ЗРЕНИЕ РОБОТОВ»..... 192

**К.С. Жиленкова**

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВА ПЕКАРНИ ..... 194

## **ПОДСЕКЦИЯ 1.6**

### **ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА**

*Председатель – Демидов А.Я., проф. каф. ТОР, к.ф.-м.н.  
зам. председателя – Гельцер А.А., зав. каф. ТОР, к.т.н.*

**Х. Бекхожаев, К. Тилемис, Д. Турысжан**

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИМО В ЛИНИЯХ СВЯЗИ LTE .. 198

**Х. Бекхожаев, К. Тилемис, Д. Турысжан**

ИЗУЧЕНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ АВТОКОРРЕЛЯЦИИ  
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ В СИНХРОНИЗАЦИИ LTE ..... 201

**T. Behr, B. Baldano**

HOME AUTOMATION FOR DISABLED PEOPLE..... 204

**Z. Abishev, D. Adrien**

AUTOMATION OF THE ENVIRONMENT FOR ELDERLY..... 206

**Н.В. Дуплищева**

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА  
ЭФФЕКТИВНОГО КОДИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ЛЕМПЕЛА–ЗИВА ..... 209

**A. Voichenko, J. Le Foll**

HOME AUTOMATION SYSTEM FOR ELDERLY ..... 212

**А.Д. Самострелов**

ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫЙ КАНАЛ СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ИСКУССТВЕННОГО РАСШИРЕНИЯ СПЕКТРА ..... 214

<i>А.Б. Сат</i>	
НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ANGELOV2 .....	217
<i>К.В. Савенко</i>	
АДАПТИВНАЯ МОДУЛЯЦИЯ И КОДИРОВАНИЕ.....	221
<i>Д.Д. Утегенов</i>	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МАКЕТА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОДОВ РИДА–СОЛОМОНА GF(P) .....	224

## **ПОДСЕКЦИЯ 1.7**

### **РОБОТОТЕХНИКА**

*Председатель – Коцубинский В.П., доцент каф. КСУП, к.т.н.*

<i>А.Д. Гулиганов</i>	
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ МАКЕТ НА БАЗЕ ARDUINO .....	226
<i>Д.Д. Клинов</i>	
ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ ОБСТАНОВКИ В ПОМЕЩЕНИИ .....	227
<i>Е.С. Польшцев, А.А. Проказина</i>	
ОПЫТ УЧАСТИЯ В СОРЕВНОВАНИЯХ ROBOCUP KIDSIZE SOCCER...230	
<i>А.А. Сунин, Ю.А. Поярков, А.Е. Сахабутдинов</i>	
ОПЫТ УЧАСТИЯ СТУДЕНТОВ КАФЕДРЫ КСУП В СОРЕВНОВАНИЯХ ПО РОБОТОТЕХНИКЕ ЗА 2017 ГОД .....	233
<i>В.А. Никонов, М.В. Сергеев</i>	
РОБОТ-ХУДОЖНИК .....	236
<i>А.А. Улжанова</i>	
PILL-HELPER С ТЕЛЕПРИСУТСТВИЕМ ВРАЧА.....	239
<i>О.Е. Юшин</i>	
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ TIME SENSITIVE NETWORK.....	241
<i>Ж.К. Айтбаева</i>	
ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ ETHERNET .....	243

## **ПОДСЕКЦИЯ 1.8**

### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

*Председатель – Шурыгин Ю.А., первый проректор,  
зав. каф. КСУП, д.т.н., проф.;*

*зам. председателя – Черкашин М.В., доцент каф. КСУП, к.т.н.*

<i>Д.А. Кожин, Т.Н. Файль, А.А Кун, А.А. Калентьев</i>	
МОДУЛЬ РУЧНОГО ПОДОБОРА ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ МАЛОСИГНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СВЧ ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА .....	248

<i>Г.А. Табакаев, В.Ю Юшин, А.А. Голубков, А.Е. Горяинов</i> ПРОГРАММА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПАССИВНЫХ СВЧ-КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ SMD GAAS- И CMOS-ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ.....	251
<i>А.А. Кун, Т.Н. Файль, К.С. Жохов, А.А. Каленъев, И.М. Добуш</i> ПРОГРАММА ПОСТРОЕНИЯ МАЛОСИГНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СВЧ-ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА .....	252
<i>В.Ю. Юшин, Г.А. Табакаев, А.А. Голубков, А.А. Каленъев</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ОБЁРТКИ ДЛЯ БИБЛИОТЕКИ РАСЧЁТА ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ NGSPICE.....	255
<i>А.А. Лукина, Н.Г. Аманбаев</i> ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ СВЧ-ГЕНЕРАТОР С ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИЕЙ ЗАДЕРЖКИ .....	258

*Научное издание*

**Материалы  
Международной научно-технической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Научная сессия ТУСУР–2018»**

**16–18 мая 2018 г., г. Томск**

**В пяти частях**

Часть 1

Тексты статей даны в авторской редакции, без корректуры  
Верстка **В.М. Бочкаревой**

---

Издательство «В-Спектр».  
Сдано на верстку 10.04.2018. Подписано к печати 10.05.2018.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать трафаретная. Печ. л. 16,9  
Тираж 100 экз. Заказ 11.

---

Издано ТУСУР, г. Томск, пр. Ленина, 40, к. 205, т. 70-15-24  
(записано 700 CD-дисков с электронными версиями всех частей сборника  
для нужд всех структурных подразделений университета и авторов)

Издательство «В-Спектр».  
634055, г. Томск, пр. Академический, 13-24, т. 49-09-91  
E-mail: [bvm@sibmail.com](mailto:bvm@sibmail.com)